تقديم

بين يديك – أيها القارئ العزيز– الطبعة الأولى من كتاب "المكافحة البيولوجية" الذي نقدمه في وقت يشهد فيه مجال المكافحة البيولوجية، في السنوات الأخيرة، تقدماً عالمياً في كثير من إتجاهاته، الأمر الذي يظهر في التوسع الملحوظ في الهيئات العالمية التي ترعى هذا الاتجاه، وفي تواجد مجموعات متخصصة من الباحثين فى مجال المكافحة البيولوجية لعديد من الآفات.

وهناك آمال كبيرة فى أن تقدم المكافحة البيولوجية حلولاً لكل من مشاكل الآفات التى تؤثر فى الإنتاج الزراعى من جانب، وفى إحتياجات حماية الأنظمة البيئية الطبيعية من الجانب الآخر. وتعتبر الأسس الإيكولوجية التى تحدد مساهمات المكافحة البيولوجية سواء فى إدارة مكافحة الآفات أو الحفاظ على النظم البيئية الطبيعية أساسية فى العلاقات بين الأنواع، وملازمة لهيكل الأنظمة البيئية ولا تتغير بمرور الزمن، ولذلك سوف يستمر توظيف أساسيات المكافحة البيولوجية فى إدارة تعدادات الآفات والتفاعلات بين المستويات الغذائية المختلفة لتقدم حلولاً كافية ومثمرة وإقتصادية لمشاكل الآفات.

وبصفة عامة، فهناك حاجة ماسة للجديد من مجهودات المكافحة البيولوجية لعديد من مشاكل الآفات القائمة، سواء للبرامج الهادفة ضد الآفات الدخيلة أو الأعمال الأخرى التى تتعلق بالحفاظ على الأعداء الطبيعية فى برامج إدارة الآفات. أيضاً سوف يتسبب تحريك الإنسان المستمر للمواد النباتية وما يصاحبها من حشرات فى التواجد غير المقصود لآفات جديدة فى مواقع جديدة بسبب الفصل بين أنواع الآفات وأعدائها الطبيعية التى كانت مرتبطة بها فى مواطنها الأصلية. وسوف تؤثر مثل تلك الآفات فى كل من المجتمعات الطبيعية والزراعية، مما يتطلب بحوثاً ومجهوداً لإستيراد وأقلمة الأعداء الطبيعية المناسبة للحد من آثار تلك الآفات فى المواطن الجديدة. إن الإعتماد المستمر للمجتمعات الإنسانية على الزراعة سواء فى الدول المتقدمة أو النامية يُملي الحاجة إلى نظم إدارة متكاملة للإنتاج الإقتصادى والكافى للغذاء والكساء. ويجب أن تعتمد مثل تلك الأنظمة المتكاملة بدرجة متزايدة على الأعداء الطبيعية لتقليل كل من التكاليف واستعمال المبيدات. وفى عديد من هذه الأنظمة سوف يُعتمد كثيراً على الحفاظ على الأعداء الطبيعية المحلية أو الأنواع التى تم إستيرادها.

هذا وقد عكس التنامى الواضح لمساهمة القطاع الزراعى، كأحد مصادر الدخل القومى، فى التوسع فى الزراعات العضوية وتصدير منتجاتها الخالية من المبيدات مدى الإهتمام بتقنيات المكافحة البيولوجية وتطبيقاتها على نطاق واسع مما كان له بالغ الأثر على إنتهاج كبار المستثمرين فى المجال الزراعى لسياسات المكافحة البيولوجية.

وفي وسط وعى عالمي نامي ومتزايد عن أهمية الأعداء الطبيعية فى الحد من الضرر الناتج عن الآفات مفصلية الأرجل والحشائش والأمراض، فهناك بعض التحديات الهامة أمام إستمرارية نمو متزايد للمكافحة البيولوجية. إحدى هذه التحديات هو طبيعة إحتمال تطبيقها فى كل زمان أو مكان، إذ من الضرورى تطبيقها فى كل مجال يكون إدارة التعدادات فيه هو جزء حاسم وبات من النظم البيئية الطبيعية أو الزراعية. يشحذ هذا الاهتمام الشامل الإنتباه إلى الحاجة لمتخصصين متمرسين فى علوم الحشرات وأمراض النبات وغيرهم من المؤهلين فى المجالات الزراعية الأخرى، بل ويعطى الإنطباع بأن البحث فى مجال المكافحة البيولوجية شامل وواسع التطبيق، وبالأحرى فإن التقدم الناجح لبرامج المكافحة البيولوجية يتطلب بصفة عامة لجنة من المتخصصين المتفرغين كلية فى مجال علوم المكافحة البيولوجية، وهذا بسبب الطبيعة الطويلة المدى فى تطبيق برامجه التى تتطلب فهماً كاملاً لنظم العشائر ومستوياتها، والأسس التقسيمية، والظروف البيئية لكل نظام إيكولوجى. ويتضح هذا جلياً فى حالة أبحاث الحفاظ على الأعداء الطبيعية والإكثار حيث تكون المعلومات الصحيحة عن العدو الحيوى ودوره حرجة وخطيرة فى أخذ القرارات الحاسمة.

وفى هذا السياق فإن تدريب علماء المستقبل وإنماء الوضع البحثى فى مجال المكافحة الحيوية سوف يستمر لكى تلبى المكافحة البيولوجية وعودها. ونحن نتوقع أن زيادة عدد العلماء الحاصلين على التدريب والخبرة فى مجال المكافحة البيولوجية بكل جوانبها سوف يترتب عليه زيادة ونجاح فى برامج المكافحة البيولوجية وفى استيعاب الجمهور لقيمة هذا الإتجاه، حيث أن مساندة الجمهور ستظل فى المستقبل، كما فى الماضى، جزء حيوى فى تدعيم مثل هذه البرامج.

أخيراً، فإن التعاون العلمى فى برامج المكافحة البيولوجية سوف يستمر فى الزيادة كما كان فى السنوات الماضية. وسوف تقوى برامج المكافحة البيولوجية بالمجهودات المتضافرة بين العلماء الذين يمكنهم الإستعانة بالخبرات فى مجالات مختلفة. ويعتبر هذا التعاون إحدى ثمار تزايد أعداد العلماء والباحثين العاملين فى مجال المكافحة البيولوجية وواحد من علامات تزايد دور المكافحة البيولوجية فى إدارة الآفات وحماية البيئة فى المستقبل.

عزيزي القارئ ....

لقد روعي في هذا الكتاب التركيز على الموضوعات التي لم تغطى تغطية كاملة، مع عدم الإسهاب في تلك التي تتناولها إتجاهات خاصة بها مثل أمراض الحشرات التي يتبناها علم مستقل بذاته هو علم أمراض الحشرات، والمفترسات الأكاروسية التى يتناولها علم الحيوان، أو تلك التي أخذت حقها من التغطية.

في الباب الأول من هذا الكتاب لمحة سريعة عن الأصول الإيكولوجية للآفات، مع شرح لمشاكل المبيدات وتحديد ماهية المكافحة البيولوجية مع عرض سريع لتاريخها المبكر. أما الباب الثاني فقد تناول العناصر المستهدفة بالمكافحة البيولوجية مع عرض غير مسهب للعناصر البيولوجية المستخدمة في ذلك المجال. أما الباب الثالث فقد عرض فيه كل الجوانب البيولوجية للأعداء الطبيعية الطفيلية منها أو المفترسة، وتناول الباب الرابع موضوعاً أساسياً وهاماً وهو كيميائيات الإتصال أو الكيميائيات الوسيطة والذى يعتبر مدخلاً هاماً وضرورياً لفهم إختيار الطفيل أو المفترس لعائله أو فريسته، والتخصص العائلي أو الفرائسي وهو ما تناوله الباب الخامس بالتفصيل. كما يتناول الباب الخامس أيضاً دفاعات العائل ضد الأطوار غير الكاملة والكاملة لطفيلياتها، وكذلك رد فعل هذه الطفيليات ضد عوائلها.

وتناول الباب السادس كل ما يتعلق باستخدام الطفيليات والمفترسات في مجال المكافحة البيولوجية، من إستيراد لها، أو إكثارها أو الحفاظ عليها. هذا وقد أفردنا في الباب الأخير (الباب السابع) دراسة عن الحشرات والممرضات المستخدمة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، مع عرض سريع لأهم تلك العناصر وبيولوجياتها.

هذا ونجد لزاماً علينا أن نتقدم بالشكر الجزيل للسيد/ محمد على عبدالهادى المعيد بقسم وقاية النبات – كلية الزراعة – جامعة قناة السويس والسيدة / إيمان نافع السكرتيرة بمركز المكافحة البيولوجية – جامعة قناة السويس لمساهمتهما فى طباعة بعض أجزاء من هذا المؤلف.

نرجو أن نكون قد وفقنا فيما نصبوا إليه.

والله ولي التوفيق

تحريراً في مارس ٢٠١٠ المؤلفون

البَابُ الأوَّل

الآفات، والمبيدات، والتاريخ المبكر للمكافحة البيولوجية

أولاً: الإحتياجات الإنسانية والآفات

ثانياً: مشاكل إستخدام مبيدات الآفات

ثالثاً: المكافحة البيولوجية للآفات

رابعاً: التاريخ المبكر للمكافحة البيولوجية

الآفات، والمبيدات، والتاريخ المبكر للمكافحة البيولوجية

PESTS, PESTICIDES AND EARLY HISTORY OF BIOCONTROL

أولاً: الإحتياجات الإنسانية والآفات

ما زال التعداد البشري الكبير في زيادة مضطردة، ولكي يمكن كسب مزيد من الأراضي الزراعية، تحوّل النظم البيئية المتوطنة native ecosystem سريعاً للإستخدام الآدمي، فتباد الغابات، وتستنزف التربة، وتهلك النباتات والحيوانات المتوطنة. أيضاً لكي يمكن إنتاج الغذاء الكافي، فإن النظم الزراعية والتجارية القائمة لا بد أن تكون عالية الإنتاج، مع بقائها غير ملوثة للبيئة. لكن للحفاظ علي الحياة المستقبلية، لا بد من ترك مساحات للحيوانات والنباتات البرية. ويعتبر الجمع بين هذين الهدفين هو أكبر تحد في القرن الحادي والعشرين. وهنا تشكل المكافحة البيولوجية جزءاً من حلول هذه المشكلة وهو الأساس الذي تبنى عليه مكافحة الآفات القائمة دون تلوث في مزارع الغد.

لكن من أين أتت تلك الآفات؟ نشأت بعض الآفات بسبب كيفية زراعة المحاصيل. فبسبب استخدام الأساليب الحديثة في الزراعة كالإنتخاب مثلاً فقد النبات كثيرا من صفاته الدفاعية كالمركبات الطاردة repellents، والخشونة toughness. كذلك أدي زراعة المحاصيل في مساحات واسعة بنمط زراعة موحد وحصاد موحد إلي الإقلال من قدرة النبات الدفاعية ضد العاشبات herbivores من الحشرات.

نشأت بعض الآفات الأخرى بسبب أن حركة الكائنات organisms حول العالم خلقت توليفات نوعية جديدة new speeies combinations. في بعض الحالات، قد ترتبط العاشبات herbivores المحلية بأنواع من المحاصيل أستوردت إلى وطن جديد. فعلي سبيل المثال في جنوب أفريقيا ٦٨% من ١٨٨ آفة من مفصليات الأرجل علي ١٤ نباتا مستوردا عبارة عن آفات محلية لم يسبق لها أن ارتبطت بتلك النباتات التي تهاجمها الآن. في بعض الحالات الأخرى، تصاحب الآفات العاشبة التي تهاجم المحاصيل شحنات الحاصلات الزراعية عند نقلها إلي مواطن جديدة تاركة وراءها الأعداء الطبيعية التي كانت تلعب دورا في خفض تعداداتها في مواطنها الأصلية مما يسمح بتزايد تعداد الآفة في تلك البيئة الجديدة الخالية من تلك الأعداء فتصل الي أعلى

كثافاتها العددية. وبنفس الأسلوب فإن عديد من الحشائش تتشابه مع تلك الآفات المفصلية الأرجل في أن معظم الأنواع الدخيلة adventitive كانت تحت سيطرة عاشبات متخصصة في مواطنها الأصلية. وعلى العكس من مفصليات الأرجل، فإن عديد من الآفات الحشائشية قد تستورد عمداً لأغراض مختلفة. ومن خلفية معرفة أصول الحشرات، تقع حلول مشاكل آفاتنا في تحوير modification النظم الزراعية (دون فاقد في الإنتاج) لحماية الأعداء الطبيعية لآفات المحاصيل من جانب، ومن جانب آخر لإعادة الربط بين العاشبات الحشرية وأعدائها الطبيعية عندما ينفصلا عن بعضهما عن طريق إستيرادها وإكثارها.

ثانياً: مشاكل استخدام مبيدات الآفات

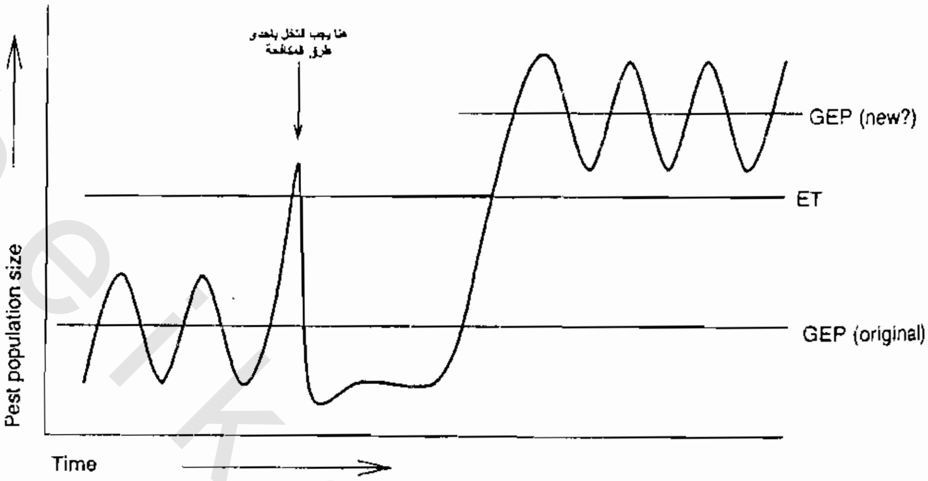
تستخدم المبيدات الكيميائية عادة لمكافحة عديد من الآفات. وعلى العكس من وسائل المكافحة البيولوجية، فإن إستخدام مثل تلك المبيدات لا يتطلب معلومات عن المواطن البيئية لتلك الآفات حيث يتحقق خفض تعداد الآفة وقتيا بقتل أعداد كبيرة من تعداداتها كلما أمكن ذلك من خلال تكرار المعاملة بالمنتج الكيماوي كلما تطلب الأمر ذلك. وقد أظهرت المبيدات الكيميائية تأثيرا في عديد من الحالات، لكنها كانت غير فاعلة في البعض الآخر. فعلى سبيل المثال، في مكافحة آفات القطن في كثير من مناطق العالم، يكتنف إستخدام المبيدات بعض من المشاكل منها الفشل في مكافحة الآفة، وتلوث البيئة، وإهدار لصحة الإنسان. ومن أجل هذا كله قامت عديد من الدول بتقليص إستخدام المبيدات الكيميائية.

تخلق مبيدات الآفات مشاكل عندما تفشل في مكافحة الآفة المستهدفة أو عندما تتسبب في خلق آفات جديدة. هذا وتعتبر المقاومة ضد مبيدات الآفات هي السبيل الرئيسي الذي يؤدي إلى فشل المبيد المستعمل في مكافحة الآفة. وفيما يلى ما يلقى الضوء على هذه المشاكل:

١-عودة نشاط الآفة Pest resurgence

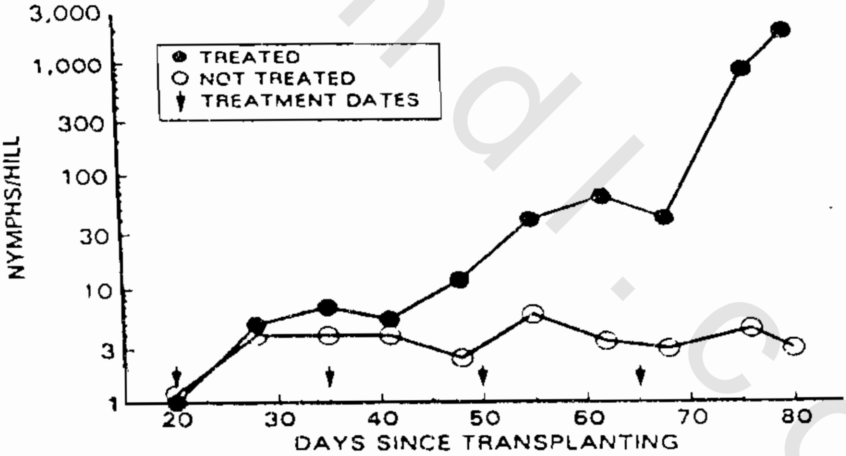
حقيقة أن العمليات الزراعية يمكن أن تؤثر بشدة على الدرجة التى يمكن بها للأعداء الطبيعية مكافحة الآفات نبتت، فى جزء منها، من ملاحظة أن الإستخدام الروتينى للمبيدات الحشرية والأكاروسية واسعة المجالbroad spectrum يتبعه فى بعض الحالات عودة سريعة للآفات إلى مستويات الضرر بالمحصول. يطلق على هذه الظاهرة عودة نشاط الآفة pest resurgence. ترجع هذه الظاهرة إلى الإتلاف الشديد والممتد التأثير الذى تسببه المبيدات للأعداء الطبيعية بدرجة أكبر من تأثيرها على الآفة ذاتها (شكل ١:١). وبمجرد أن يزول التأثير الباقى للمبيد تبدأ الأفراد الحية من الآفة فى التكاثر بسرعة مع زيادة معدل بقائها هى وذريتها بسبب

موت معظم أعدائها الطبيعية ويتبع ذلك زيادة تعداد الآفة بمعدل أكبر وتعود تعداداتها بسرعة إلى مستواها قبل المعاملة بالمبيد أو قد يزيد عنها. لوحظت هذه الظاهرة فى عديد من المحاصيل ومع أنواع عديدة من الآفات. ويعتبر نطاط الأرز البنى *Nilaparvata lugens* من أبرز الأمثلة حدوثاً فى حقول الأرز (شكل ١:٢). لا تحدث هذه الظاهرة مع كل الآفات بل تكون غالباً مع تلك التى يقل أعدادها جزئياً على الأقل بواسطة أعدائها الطبيعية وخصوصاً إذا كانت هذه الأعداء حساسة للمبيدات بدرجة أكبر من الآفة ذاتها.



شكل (١:١) يوضح كيفية عودة نشاط الآفات بعد إستخدام المبيدات (نوريس Norris وآخرون ، ٢٠٠٣).

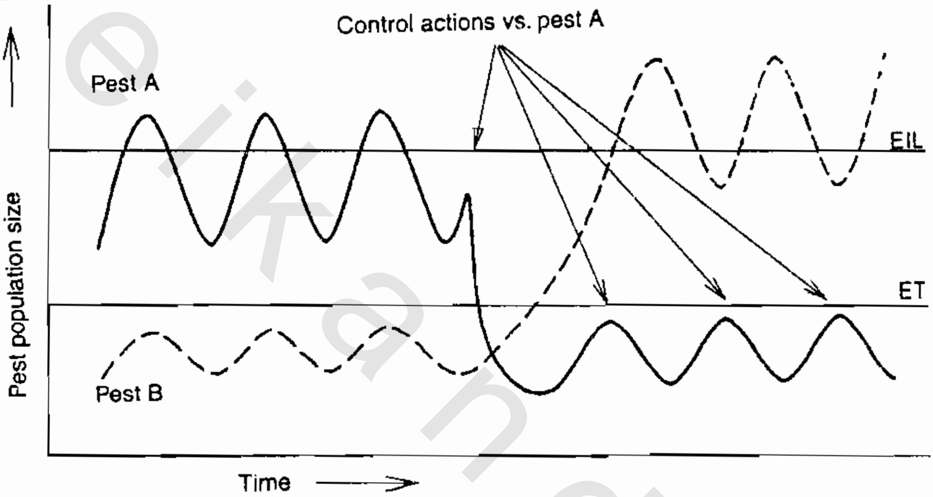
(GEP): الوضع المتوازن العام، (ET): الحد الإقتصادى الحرج



شكل (٢:١) عودة نشاط نطاط الأرز البني *Nilaparvata lugens* في حقول أرز معاملة بالمبيدات وغير معاملة بالمبيدات (Heinrichs وآخرون ، ١٩٨٢).

٢ – فوران آفة ثانوية Secondary pest outbreak

هناك ظاهرة أخرى ترتبط بالمبيدات واسعة المجال وهى فورانات بعض الأنواع نباتية التغذية والتى لا تدخل عادة فى نطاق الآفات. ويطلق على هذه الأنواع الآفات الثانوية secondary pests. ترجع هذه الظاهرة إلى هلاك الأعداء الطبيعية التي تسيطر على هذه الآفات في غياب المعاملات بالمبيدات، وبموتها بواسطة المبيدات، يزداد تعداد تلك الآفات الثانوية لتصل إلى مستوى الآفات الأولية فى كثافتها (شكل ١: ٣). من أمثلة تلك الآفات الثانوية بعض أنواع الأكاروسات والحشرات القشرية، وناخرات الأوراق، والتربس، ونطاطات الأوراق، والذباب الأبيض. تختلف هذه الظاهرة عن الظاهرة السابقة (عودة نشاط الآفة) فقط فى أن معاملات المبيد لا تستهدف بطريقة مباشرة الآفة الثانوية لكن بعض أنواع الآفات الأخرى على نفس المحصول.



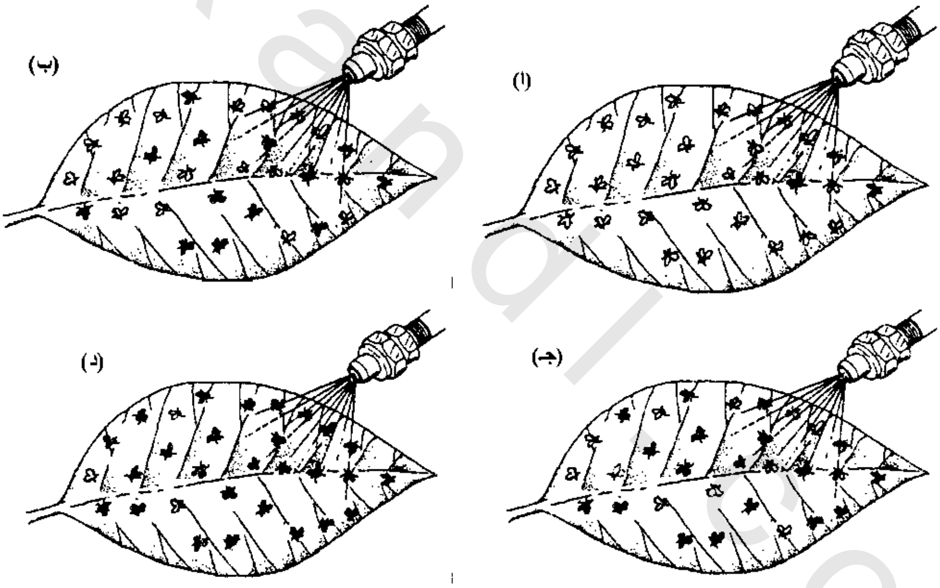
شكل (١: ٣) يوضح كيفية ظهور آفات ثانوية بعد إستخدام المبيدات ضد آفات أخرى (نوريس Norris وآخرون، ٢٠٠٣). (ET): الحد الإقتصادى الحرج، (EIL): الحد الإقتصادى للضرر

٣–المقاومة ضد المبيد Pesticide resistance

تنشأ المقاومة ضد مبيد ما فى العشيرة التى تمتلك أفراد معينة منها جينات تسمح لها بالحياة رغم ملامستها للمبيد، أو بالإبتعاد عنه بطريقة أفضل من غيرها من الأفراد. ومع معاملة هذه العشيرة بالمبيد يتزايد معدل معيشة ولياقة هذه الأفراد المقاومة وبتكاثرها يزداد تكرارات هذه الأفراد المقاومة وراثياً (شكل ١: ٤). هذا وقد تزايدت أعداد أنواع الآفات التى إكتسبت مقاومة ضد المبيدات (شكل ١: ٥). ولمجابهة هذه المقاومة، يلجأ المزارعون إلى زيادة جرعة المبيد أو

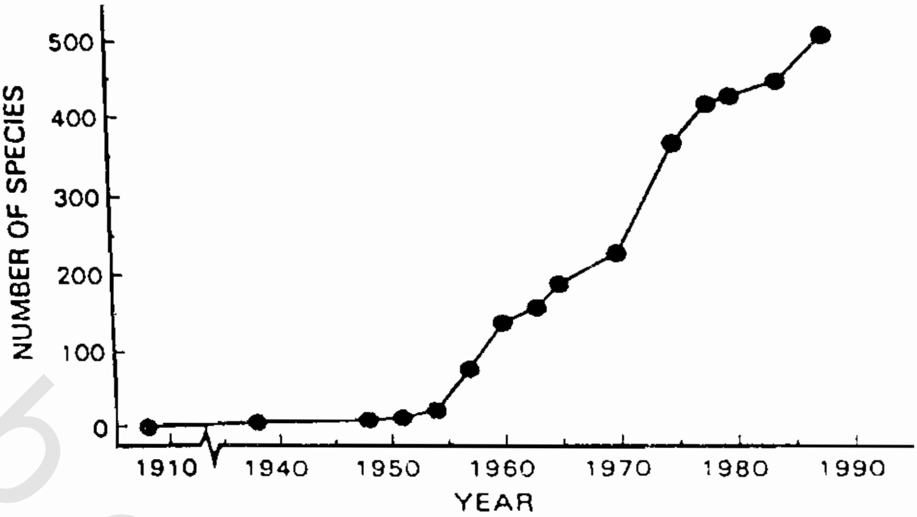
تغييره أو خلطه مع المبيدات الأخرى. عندما تصبح المقاومة كافية بدرجة لا يصلح معها مكافحة الآفة بالمبيد، تصبح المكافحة الكيميائية غير فعالة، ووجب إستبدالها بنظام للمكافحة يعتمد على المكافحة انبيولوجية التى يدخل فيها الحفاظ على الأعداء الطبيعية المتوطنة. عندما تكتسب الأعداء الطبيعية مقاومة ضد المبيدات التى عادة ما تستعمل على محصول ما، فإن هذه المقاومة تجعل من الممكن الحفاظ على هذه الأعداء الطبيعية كأحد العوامل المميتة للآفة التى تسهم فى مكافحة الآفات على المحاصيل حتى مع الإستعمال المستمر للمبيد. ولعل من أكثر الآفات الزراعية مقاومة للمبيدات الذبابة البيضاء والتى تمتلك مجموعة من الجينات التى تورثها لذريتها التى تكون بدورها مقاومة للمبيدات مما يستلزم تغيير المبيد من معاملة لأخرى. أما مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بهذه الآفة، فهى شديدة الحساسية للمبيدات مما يزيد من صعوبة تطبيق المكافحة البيولوجيه لهذه الآفة.

لم تَظهر المقاومة للمبيدات لدى أنواع الآفات المستهدفة فحسب، بل إكتسبتها أيضاً أنواع أخرى من الآفات التى لم يستهدفها المبيد وكانت موجودة فى المنطقة المعاملة بالمبيد بوجه عام. فعلى سبيل المثال، أدى الإستخدام المكثف للمبيدات فى أمريكا الوسطى لمكافحة الآفات التى تصيب القطن إلى أن بعوضة الأنوفليس الناقلة للملاريا والتى تستقر على النموات الخضرية لنباتات القطن قد إكتسبت أيضاً صفة المقاومة لتلك المجموعة من المبيدات المستخدمة.



شكل (٤:١) يوضح خطوات تكوين سلالات مقاومة لفعل المبيدات من جيل لآخر

(أ) وجود عدد قليل من الأفراد المقاومة للمبيد (ذات لون داكن أسود)، (ب) زيادة عدد الأفراد المقاومة للمبيد، (ج) أكثر من نصف عشيرة الحشرة أصبحت مقاومة للمبيد، (د) أصبح معظم أفراد العشيرة مقاوم للمبيد



شكل (٥:١) العدد التراكمي لحالات المقاومة للمبيدات في مفصليات الأرجل

(Georghion and Lagures –Tejeda، ١٩٩١).

٤ – متبقيات المبيدات Residues of Pesticides

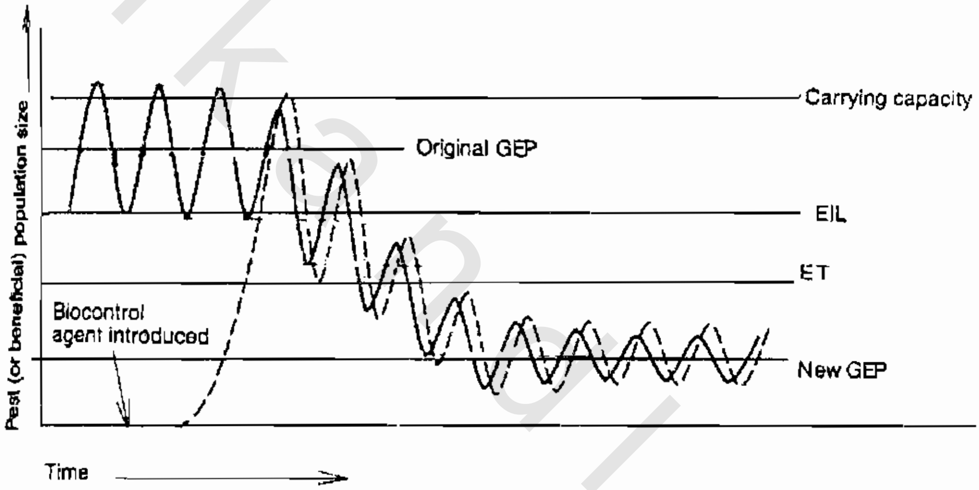
في المناطق التي يشيع فيها إستخدام مبيدات الآفات، يمكن أن تتحرك كميات ضئيلة من بعض المبيدات خارج المنطقة المعاملة وينتهي بها المآل في التربة أو المياه أو الطيور أو غيرها من الحيوانات البرية علاوة على إمكانية تواجدها في المحصول ذاته. تتفاوت تبعات هذه المتبقيات الكيميائية من لا تأثير إلي تأثيرات خطيرة جدا. فمبيدات الآفات الهيدروكلورونية مثل الDDT أدت إلى حدوث إنقراض لبعض أنواع الطيور الأرضية، أما المبيدات الفوسفورية، وهي الأكثر سمية، فتحدث تسمماً للإنسان. يحدث التسمم العرضي والتلوث بصفة خاصة عندما لايعي المزارعون مدى سمية المواد التي يستعملونها، أو عندما لا يقرأون التعليمات، أو عندما لا يمتلكون الأجهزة الضرورية الخاصة بالوقاية. وعندما تتزايد معرفة المزارعين والعامة كافة بهذه المشاكل، تتزايد الحاجة إلي سبل أخرى لمكافحة الآفات وبصفة خاصة المكافحة البيولوجية.

والمكافحة البيولوجية ليست بالأمر اليسير، إذ يتطلب إستعمالها بنجاح إلى متخصصين على أعلى درجة من التدريب لإجراء البحوث على الأعداء الطبيعية وإرشاد المزارعين والعمال إلى وسائل إستعمالها.

ثالثاً: المكافحة البيولوجية للآفات

المكافحة البيولوجية للآفات هي إستخدام تعدادات الطفيل أو المفترس أو الممرض أو المتضاد antagonist أو المنافس competitor في خفض تعداد الآفة ليصبح تعدادها أقل تواجداً وبالتالي أقل إتلافاً للنبات عما قبل. يمكن أن تكون الحشرات والأكاروسات والممرضات النباتية والفقاريات والحشائش أهدافاً للمكافحة البيولوجية. وقد تكون المكافحة البيولوجية نتيجة لأفعال مقصودة بواسطة الإنسان أو كنتيجة لفعل القوى الطبيعية. تستخدم المكافحة البيولوجية إما لخفض تعدادات آفات المحاصيل أو الغابات أو لإعادة توازن النظم الطبيعية المتأثرة بالآفات الدخيلة (غير المتوطنة).

وغالباً ما يكون تعداد الآفة المستهدفة بمستوى أعلى من ذلك الخاص بالأعداء الطبيعية فى بداية موسم نمو المحصول، ثم يتزايد تعداد الأعداء الطبيعية تدريجياً متمشياً مع ذلك الخاص بالآفة المستهدفة حتى نهاية المحصول (شكل ٦:١)، مؤدياً إلى إنخفاض تعداد الآفة المستهدفة إلى ما دون الحد الحرج الإقتصادى.



شكل (٦:١) العلاقة بين تعداد الآفة والأعداء الطبيعية المرتبطة بها (نوريس Norris وآخرون ، ٢٠٠٣).

ليست كل مكافحة غير كيميائية مكافحة بيولوجية، فتربية النباتات، والمكافحة الزراعية، وإستخدام الكيميائيات الوسيطة (كيميائيات الإتصال) semiochemicals لو وجهت مباشرة للتأثير على الآفة لا تدخل في نطاق المكافحة البيولوجية، لكن يمكن لهذه المعاملات ذاتها أن تلعب دوراً في المكافحة البيولوجية فى بعض الحالات لو وجّهت، ليس للآفة ذاتها، ولكن للحفاظ على أو

تشجيع أعدائها الطبيعية. على سبيل المثال، لو أستخدم تربية النباتات فى مكافحة الحشرة مباشرة عن طريق جعلها سامة أو جعلها تمتلك بعض عناصر الضغط الأخرى لا تعتبر مكافحة بيولوجية، أما فيما لو وجهت هذه التربية لجعل النباتات مواقع أفضل للطفيليات أو المفترسات للبحث عن ومهاجمة عوائلها أو فرائسها من الآفات فهذا يدخل في نطاق المكافحة البيولوجية. كذلك لو استخدمت الكيميائيات المستخرجة من النباتات أو الميكروبات في مكافحة الآفة فهي ليست من المكافحة البيولوجية فى شيء. فالمكافحة البيولوجية إذن هي عملية مستوى تعدادي population level process فيه يقلل تعداد أحد النوعين من تعداد النوع الآخر بميكانيكيات مختلفة مثل التطفل أو الإفتراس أو إحداث المرض أو التنافس. على الجانب الآخر، فقد ترى بعض المدارس العلمية الأخرى إمكانية إطلاق مصطلح المكافحة البيولوجية على وسائل إستخدام الفيرومونات بأنواعها والكيميائيات الوسيطة فى مجال مكافحة الآفات وهو ما يطلق عليه المكافحة البيوتكنيكية biotechnical control..

رابعاً: التاريخ المبكر للمكافحة البيولوجية:

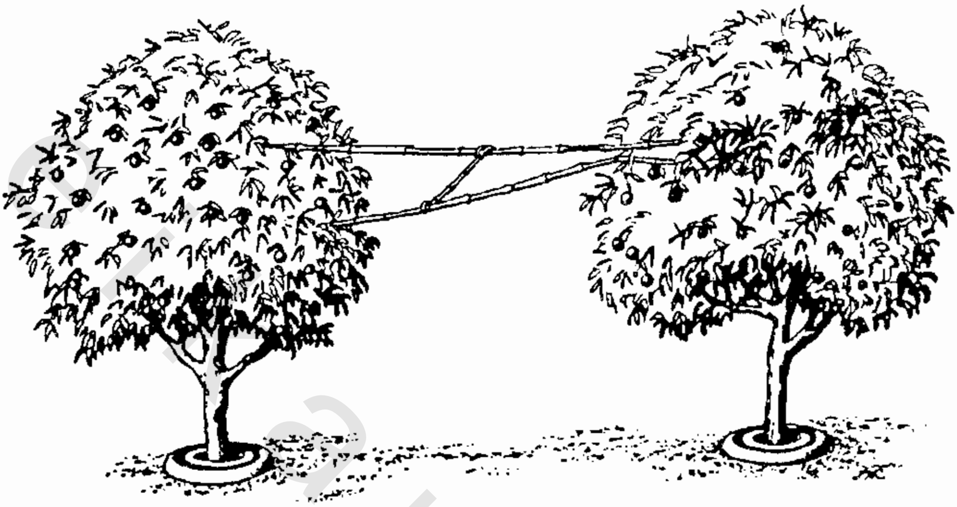
سوف نتتبع في هذا الموضوع الإستخدام المبكر للأعداء الطبيعية، إضافة إلى تطور الإفتراس، والتطفل، والممرضات في اللافقاريات، وعناصر المكافحة البيولوجية للحشائش.

المفترسات الحشرية :Insect predators

قبل عصر النهضة في أوربا، كان المزارعون، في مناطق أخرى من العالم، يستغلون بعض أنواع من مفترسات مفصليات الأرجل. ففي كل من الصين واليمن كان المزارعون يحركون مستعمرات النمل بين مواقع مختلفة لمكافحة آفات أشجار الموالح والنخيل (شكل ١:٧). وفي الصين أيضاً، كانت تستخدم العناكب Spiders لمكافحة الآفات. وقد تطورت هذه العمليات التي ترجع إلى عدة آلاف من السنين بواسطة المزارعين من خلال ملاحظات مباشرة لهذه المفترسات التي كانت كبيرة الحجم بدرجة تسمح بملاحظتها وتتبع دورات حياتها بسهولة. وفي أوربا يرجع أول ما كتب من إقتراحات لإستخدام المفترسات الحشرية في مكافحة الحشرات إلى عام ١٧٥٢م بواسطة عالم التقسيم كارل لينيسCarl Linnaeus والذي سجل أن لكل حشرة مفترسها الذي يتتبعها ويهلكها، وأن مثل هذه الحشرات المفترسة يجب جمعها وإستعمالها حتى لا تصاب المحاصيل الزراعية بالآفات. وفى القرون الوسطى كان مزارعو البلح فى الجزيرة العربية ينقلون موسمياً مزارع وأعشاش النمل المفترس من الجبال المحيطة، حيث توجد بصورة

طبيعية، إلى الواحات لمكافحة آفات نخيل البلح (شكل ٨:١)، وتعتبر هذه أول ممارسة عملية لنقل الأعداء الطبيعية لأغراض المكافحة البيولوجية. وفي أوائل عام ١٨٠٠م، إقترح عديد من العلماء الحشريين مع عالم الطبيعيات دارون Darwin وجوب إستعمال المفترسات مثل ذباب السرفس، وخنافس أبي العيدات لمجابهة حشرة المن في الصوبات الزجاجية وفى محاصيل حقلية معينة.

كان أول تحرك عالمي للمفترسات اللافقارية خلال عام ١٨٧٣ بواسطة العالم رايليRiiey الذي أرسل الأكاروس المفترس *Tyroglyphus phylloxerae* إلي فرنسا لمجابهة حشرة فلوكسرا العنب *Daktulosphaira vitifolia* وقد استقر هذا المفترس، لكن لسوء الحظ لم يكن له قيمة عملية.



شكل (٧:١) يوضح الأسلوب الصينى فى إنتقال حشرات النمل بين أشجار الموالح.

شكل (٨:١) أسلوب نقل أعشاش حشرات النمل بين الأشجار (يمين) ، ومهاجمة حشرات النمل ليرقات أحد الآفات الحشرية (يسار).

التطفل الحشري:Insect parasitoidism

على العكس من ظاهرة الإفتراس الحشري التي يمكن فهمها بسهولة أو على الأقل تصورها بالمقارنة مع المفترسات الثديية، فان التطفل الحشري كان أصعب من أن يفهم فهما صحيحا. فعلى سبيل المثال، فقد فسرت المشاهدات المبكرة لهذه الظاهرة بواسطة العالم أدروفاندي Adrovandi عام ١٦٠٢ الذي لاحظ خروج طفيليات من يرقات أبي دقيقات على أن هذه الطفيليات هي طور آخر من أطوار اليرقة نتج بواسطة نوع ما من التشكل. وفي عام ١٦٨٥ كان الطبيب البريطاني مارتن ليستر Martin Lister هو أول من فسر التفسير الصحيح لظاهرة التطفل عندما لاحظ خروج طفيليات من عائلة Ichneumonidae من يرقات حرشفيات الأجنحة وعللها بأن هذه الطفيليات هي نتاج بيض تم وضعه في هذه اليرقات بواسطة إناث هذه الطفيليات.

تلي هذه الملاحظات الأولية دراسات كثيفة على طفيليات أخرى وصفت دورات حياتها. وقد شهد القرن التاسع عشر زيادة ملحوظة في الدراسات العلمية في مجال التقسيم والبيولوجيا والبيئة لعديد من الطفيليات والمفترسات. وقد أدى هذا التوسع الزائد في المعلومات إلى الوقوف على الأساليب المطلوبة للاستفادة من هذه المعلومات تكنولوجياً.

وقد كان أول إقتراح لتحريك الطفيليات بين الأقطار لمكافحة الآفات عام ١٨٥٥ بواسطة العالم أسا فيتش Asa Fitch الذي إقترح إستيراد طفيليات هاموش القمح *Sitodiplosis moscllana* من أوربا إلى الولايات المتحدة الأمريكية، لكن لم يتم أي استيراد لهذه الطفيليات. وفي عام ١٨٣٣ تم أول نقل ناجح للطفيل *Cotesia glomerata* (*Apanteles glomeratus*) بين الدول حيث أستقر أينما أطلق.

الممرضات الحشرية:Insect pathogens

نمت المعلومات المتعلقة بممرضات الحشرات، بطريقة واضحة، في القرن التاسع عشر أيضاً. فقد وصفت أسس هذا الاتجاه بواسطة العالم وليام كيربي William Kirby عام ١٨١٥ بباب عن أمراض الحشرات في كتابه "مقدمة في علم الحشرات". بدأ مفهوم أمراض الحشرات، ليس بعلاقتها بمكافحة الآفات الحشرية، بل بالحاجة إلي تجنب الضرر الذي تسببه هذه الأمراض لحشرات اقتصادية هامة مثل دودة الحرير. وقد كان العالم الإيطالي أجوستينوباساي Agostino Bassi أول من أوضح تجريبياً عام ١٨٣٥م الطبيعة الممرضة للمرض الحشري أثناء دراسته لمرض المسكاردين الأبيض muscardin الذي يسببه الفطر *Beauveria bassiana* لدودة الحرير، ثم أعقب هذا دراسات عن أمراض هذه الدودة.

كان العالم باسي Bassi هو أول من أقترح عام ١٨٣٦ إستخدام الممرضات الحشرية في مكافحة الآفات عندما أعلن أن السوائل الناتجة من الحشرات المتحللة المريضة يمكن مزجها بالماء ورشها على النباتات بهدف قتل الحشرات. وقد بدأت أولى محاولات إستخدام الممرضات الحشرية في مكافحة الآفات على نطاق حقلي بواسطة العالم الروسي ميتشنكوف Metchnikoff عام ١٨٨٤م عندما أمكنه الحصول على جراثيم الفطر الممرض *Metarhizium anisopliae* بطريقة كمية وإستعمالها في تجارب حقلية ضد يرقات سوسة بنجر السكر *Cleonus punetiventris* حيث وصلت نسبة موت اليرقات إلى ٥٥ــ٨٠%.

مفصليات الأرجل ومكافحة الحشائش:

كان العالم أسا فيتش Asafitch هو أول من أقترح عام ١٨٥٥م إستخدام الحشرات في مكافحة الحشائش عندما لاحظ أن بعض الحشائش الأوربية الموجودة في أمريكا مثل الحشيشة *Limaria vulgaris* لا يوجد عليها حشرات تتغذى عليها فإقترح أن إستيراد حشرات من أوربا يمكن أن تحل هذه المشكلة. وقد حدث أول إستعمال فعلي لإستخدام الحشرات في مكافحة الحشائش عام ١٨٦٣ في جنوب الهند عندما تم نقل الحشرات *Dactylopius ceylonicus* من شمال الهند إلى جنوبها لمكافحة حشيشه التين الشوكي *Opuntia vulgaris*. وقد تلى ذلك تحريك الحشرات على مستوى دولي لمكافحة الحشائش عندما تم استيراد نفس النوع إلى سيريلانكا.

نماذج للإستخدام المبكر الناجح للمكافحة البيولوجية فى مكافحة الآفات على مستوى العالم:

١- إستيراد مفترسات من مفصليات الأرجل: البق الدقيقي وحشرة الفيداليا في كاليفورنيا:

سجلت حشرة البق الدقيقي الأسترالي *Icerya purchasi* كآفه خلال عام ١٨٦٨م على أشجار الموالح في كاليفورنيا. وفي عام ١٨٨٦ أوشكت هذه الحشرة أن تقضي على صناعة الموالح في جنوب كاليفورنيا. تمت محاولات إستخدام المكافحة الكيميائية (التبخير بالسيانيد) وقد كان لها تأثير محدود، وإنخفض الإنتاج بدرجه كبيرة. في خلال عام ١٨٨٧ تم معرفة أن استراليا هي الموطن الأصلي لهذه الآفة وحيث لا تعتبر هذه الحشرة آفة. في عام ١٨٨٩، ذهب العالم البرت كوبيل Albert Koebele إلى استراليا وجمع الذبابة الطفيلية *Cryprochaetum iceryae* وحشرة أبو العيد المفترس *Rodalia cardinalis* والتي كانت تعرف آنذاك بحشرة الفيداليا. ومن هاتين الحشرتين أصبحت حشرة الفيداليا مركز الإهتمام في جنوب كاليفورنيا حيث سببت مكافحة خيالية لتلك الآفة حيث تكاثرت وإنتشرت بسرعة في مزارع الموالح. وفي خلال عامين تغلبت هذه الحشرة على آفة البق الدقيقي في أنحاء الولاية كلها. أيضاً تأقلمت الذبابة الطفيلية وأصبحت عنصر المكافحة الدائم في المناطق الساحلية من الولاية.

وفى مصر تمت أولى محاولات الإستيراد بمعرفة الجمعية الملكية عام ١٨٩٠-١٨٩٢ عندما أستورد مفترس الروداليا لمكافحة البق الدقيقى الأسترالى، وقد أظهر هذا المفترس نتائج مدهشة وناجحة فى المكافحة. وما زال حتى الآن عنصر هام من عناصر المكافحة البيولوجية لتلك الآفه.

٢ – إستيراد طفيليات من مفصليات الأرجل: نطاط أوراق قصب السكر في هاواي:

في عام ١٩٠٠، أكتشفت حشرة نطاط الأوراق *Perkinsiella sccharicida* كآفة على نباتات القصب في جزر هاواي. في خلال عام ١٩٠٣ قل إنتاج قصب السكر بدرجة كبيرة بسبب هذه الآفة. تم معرفة أن هذا النوع موجود في استراليا ولا يسبب أي ضرر هناك. وتمشيا مع مشروع إستيراد الفيداليا إلى كاليفورنيا، ذهب العالمان بيركنز، وكوبيل Perkins & Koebele إلى استراليا للبحث عن الأعداء الطبيعية لهذه الآفة، وبين عامي ١٩٠٤، ١٩١٦ أستورد ست أنواع من أنواع طفيليات البيض إلي جزر هاواي منها كان الطفيل *Anagrus optabilis* أكثر فاعلية وتأثيراً. تأقلمت هذه الطفيليات الست وتمكنت مجتمعة من الإقلال من هذه المشكلة بدرجة معنوية. أخيراً، أستورد أيضا مفترس البيض *Tytthus mundulus* حيث أظهر مع الطفيليات مكافحة ناجحة وكاملة لهذه الآفة.

٣- إستيراد عاشبات من مفصليات الأرجل لمكافحة الحشائش: حشيشة التين الشوكي وفراشة *Cactoblastes cactorum* في أستراليا:

أستورد العديد من أنواع التين الشوكي كنباتات زينة إلى استراليا. إنتشرت بعض الأنواع وخصوصاً النوعين *Opuntia inermis* , *O. stricta* إنتشاراً سريعاً في أراضي المراعي والغابات لدرجة أنه مع عام ١٩٢٥ غطت هذه النباتات ٢٤ مليون هكتار بكثافة رهيبة. في عام ١٩٢٠ أرسل حشريون إلى جنوب أمريكا للبحث عن حشرات تلك الحشيشة. جمع حوالي خمسون نوعاً من الحشرات وأرسلت إلى استراليا. تأقلم إثنا عشر نوعاً منها وأحدثت بعض المكافحة وذلك قبل إستيراد الفراشة *Cactoblastes cactorum* التي حلت المشكله من جذورها. جمع هذا العنصر الحيوي الهام عام ١٩٢٥ من الأرجنتين وأمكن توطينه حقليا في استراليا عام ١٩٢٦. وفي الفترة من ١٩٣٠ – ١٩٣٢ حدث إنحصار عام لنباتات التين الشوكي في المواقع التي تم فيها الإطلاق، وسرعان ما إنتشرت الفراشة وكافحت التين الشوكي في المساحات المصابة وقد فاق هذا الإنحصار لتلك المساحات من الحشائش بهذه السرعة، ومن مساحات كبيرة، كل تصور وتوقع.

٤- إستيراد الممرضات الحشرية:

حدث أول إستعمال ناجح لممرض حشري لمكافحة آفة عام ١٩٦٧. تعتبر خنفساء *Oryctes rhinoceros* آفه خطيرة جدا لجوز الهند coconut وأشجار النخيل الزيتية ويعتبر جنوب آسيا الموطن الأصلى لهذه الحشرة ولكنها إنتشرت فى العديد من جزر الباسفيك. في عام ١٩٦٣ أكتشف فيروس لليرقة والحشرة الكاملة من مجموعة الفيروسات العضوية Baculovirus في ماليزيا. وفي عام ١٩٦٧ أستورد هذا الفيروس إلى جنوب ساموا Samoa حيث تم مكافحة هذة الآفة. تلى هذا إنتشار الفيروس إلى الجزر الأخري وبنفس النجاح. فعلى سبيل المثال في جزر المالديف Maldives (في المحيط الهندي) إنخفضت نسبة إهلاك الأشجار من ٤٠-٦٠% قبل الإستيراد إلى حوالي ١٠% بعد الإستيراد. وكان أحد أسباب نجاح هذا الفيروس هو أن كوامل الخنافس المصابة تبقى حية لعدة أسابيع وتعمل كحامل للمرض، ناقلة إياه إلى اليرقات الحية في أماكن تواجدها.

٥- إكثار الطفيليات والمفترسات (الذباب الابيض والأكاروسات فى الصوب):

على غير النماذج السابقة التى إعتمدت كلها على إستيراد الأعداء الطبيعية وإطلاقها ونجاحها فى الإنتشار بذاتها، فهناك إتجاه آخر مطلوب بالنسبة لمحاصيل الصوب. وبسبب إنعزال تلك المحاصيل، جزئياً، عن الظروف الخارجية فإن الأعداء الطبيعية غالباً ما تدفع فى الصوب مع كل دورة محصولية، ومن بين أهم الآفات للزراعات المحمية الذباب الأبيض والعناكب ذات البقعتين. حدثت أولى خطوات المكافحة البيولوجية داخل الصوب عام ١٩٢٦ عندما لاحظ مزارع في إنجلترا أفراداً من الذباب الأبيض سوداء اللون (أفراد متطفل عليها) في صوبته ووجه إنتباه العالم الحشري سباير Speyer إلى ذلك. وقد وجد أن الطفيل المتسبب هو الطفيل *Encarsia formosa* الذي برهن على نجاحه في مكافحة الآفة وعندئذ إبتدأ الإستعمال التجاري لهذا الطفيل.

توقف الإنتاج الكمى لهذا الطفيل بغرض مكافحة ذبابة الصوب البيضاء بيولوجياً فى عام ١٩٤٩ بسبب منافسة بعض المبيدات الجديدة ولم يستأنف ثانية حتى عام ١٩٦٧. وبينما شمل إنتاج الأعداء الطبيعية لإستعمالها ضد آفات محاصيل الصوب مجاميع كثيرة في بداية عام ١٩٧٠، كان قرار كوبرت Koppert في هولندا بالبدأ في إنتاج أكاروسات وحشرات مفترسة للإستعمال في الصوبات، وقد إتبع طرق محسنة للتربية والتخزين والشحن لكل من الطفيل *Encarsia formosa* والأكاروسات المفترسة وأصبح من المتوفر إكثار مثل هذه الأعداء الطبيعية للإطلاق الكمي في الصوبات. يتطلب مكافحة الذبابة البيضاء في الصوبات بالطفيليات مكافحة

بقية الآفات على محاصيل الصوب بالأعداء الطبيعية أو بكيميائيات متوافقة مع الطفيل *Encarsia* sp. هناك آفه أخرى على الطماطم والخيار وهي العنكبوت الأحمر ذو البقعتين. وبينما هناك العديد من أنواع الأعداء الطبيعية التي تؤخذ في الإعتبار لمكافحة تلك الآفة، إلا أن النوع الذي برهن على نجاحه بتفوق أكتشف خلال عام ١٩٦٠م وهو الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* إذ كان من السهل تربيته والآن يعتبر من الأنواع شائعة الإستعمال في الصوبات.

٦ - إكثار الممرض البكتيري *Bacillus thuringiensis* :

في عام ١٩١١، لاحظ العالم بيرلنر Berliner إصابة يرقات فراشه الدقيق *Anagasta kuehniella* بمسبب مرضى عرّف ببكتيريا *Bacillus thuriniegnsis*. تم إختبار هذا الممرض على عدد مختلف من يرقات حرشفيات الأجنحة، وبحلول عام ١٩٣٨ أصبح في الإمكان تسويق مستحضر هذا الممرض البكتيري تجاريا تحت إسم sporeinent في فرنسا. تم عزل عدة سلالات من هذا الممرض من عوائل مختلفة، لكن قبل عام ١٩٨٠ كان الإنتاج التجاري قاصراً على النشاط ضد يرقات أنواع معينة من رتبة حرشفيات الأجنحة. ثم أصبح ذلك ممكناً فيما بعد بالنسبة لغيرها من الرتب مثل رتبة ذات الجناحين، ورتبة غمدية الأجنحة. يعتمد تأثير هذا الممرض على إنتاج توكسينات تشل ثم تميت العوائل. يمثل هذا المرض الإستعمال المبكر الناجح لممرض ميكروبي مجهز formulated pesticides. تعتبر توكسينات هذا الممرض سموم معدية تقتل فقط مجاميع معينة من الحشرات، سامحاً بذلك من تطبيق إدارة متكاملة فيها يتم الحفاظ على الأعداء الطبيعية بينما الميكروب يعمل على آفات معينة خافضاً بذلك من تعدادها.

٧- الحفاظ على الأعداء الطبيعيه: نطاط أوراق الأرز البنى:

يعتبر نطاط أوراق الأرز البنى *Nilaparvata lugens* من آفات الأرز فى مناطق عديدة من آسيا. فى خلال الفترة من ١٩٦٠ - ١٩٧٠ حدث تغيرات فى سبل زراعة أصناف مختلفة من الأرز والتسميد وعمليات الحصاد شجعت المزارعين لإستعمال المبيدات فى خفض تعدادات هذه الآفة. أهلكت المبيدات العناكب المفترسة وغيرها من الأعداء الطبيعية وأدى ذلك إلى فورانات لهذه الآفة. وقد إنحسرت هذه الفورانات عند معرفة المزارعين بأهمية هذه المفترسات الأكاروسية وغيرها من المفترسات وإبتعدوا عن الإستعمال الدورى للمبيدات. وقد تبع هذا الإقلال من المبيدات إلى إرتفاع المحصول. وقد أوضح ذلك أهمية الأعداء الطبيعية المتوطنة. وبالتالى إزداد الإهتمام بتوعية المزارعين نحو مخاطر المبيدات والحفاظ على الأعداء الطبيعية.

نماذج وإتجاهات حديثة وناجحة للمكافحة البيولوجية في العالم وفي مصر:

أ- في مجال الطفيليات:

هناك حالات كثيرة ناجحة لمجابهة عديد من الآفات في بقاع مختلفة من العالم، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر النماذج التالية، إذ أن تسجيل القائمة الطويلة لنجاحات مشاريع المكافحة البيولوجية ليس من أهداف هذا الكتاب.

١- في أمريكا:

غزت سوسة البرسيم *Hypera postica* الجزء الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية خلال عام ١٩٤٥، ومع منتصف عام ١٩٦٠ إنتشرت في معظم المساحات المنتجة للبرسيم. كانت كثافات اليرقات عالية بدرجة كبيرة إلى الحد الذي كان فيه مزارعي البرسيم يقوموا برشه بالمبيدات بصفة دورية مرة أو أكثر في العام للتقليل من أضرارها. ومع بداية عام ١٩٥٩ تم إستيراد عدد من طفيليات تلك الآفة من أوربا مما أدى إلى إنخفاض مستويات الإصابة والإقلال من إستعمال المبيدات. كان أكثر الطفيليات فاعلية طفيلين من الطفيليات اليرقية من جنس *Bathyplectus* (Ichneumonidae)، وطفيل على الحشرة الكاملة هو طفيل *Microctonus aethiopoides*.

٢- في أفريقيا:

غزى بق الكاسافا الدقيقي *Phenacoccus manibots* جنوب أفريقيا عام ١٩٧٧ وافداً من أمريكا الجنوبية. ومع بداية عام ١٩٨٠ إنتشر بدرجة كبيرة جداً مما قلل من إنتاج الكاسافا (غذاء أساسي لمعشر كبير من السكان). أستورد الطفيل *Epidinocarsis lopezi* الذي يتطفل على هذا النوع من البق من أمريكا الجنوبية وأثبت فعالية كبيرة بعد تربيته وإطلاقه في عدة دول إفريقية مما أدى إلى خفض الإصابة وإرتفاع محصول الكاسافا في كل مساحات إنتشاره تقريباً.

٣- في غينيا:

في البدايات المبكرة للقرن العشرين، أستوردت الحشيشة الطافية *Salvinia molesta* من البرازيل إلى عديد من الأقطار الإستوائية، كنبات للزينة. إنتشرت هذه الحشيشة بسرعة على سطح نهر السيبك Sepik وما يتصل به من بحيرات، وأعاقت المراكب من التحرك بسهولة على طول النهر. بذلت مجهودات كبيرة خلال الفترة من ١٩٦٠-١٩٧٠ لجمع أعداء طبيعية

لتلك الحشيشة، لكن لم يتحقق النجاح بسبب الخطأ في تعريف نوع النبات تعريفاً دقيقاً مما أدى إلى جمع حشرات عاشبة غير فاعلة من على نباتات قريبة لها تقسيمياً. بعد التعريف الدقيق للحشيشة، أمكن الحصول على أعداء طبيعية لها ذات فاعلية، منها السوسة *Crytobagous salviniae* وقد أمكن تطبيق برامج المكافحة الناجحة هذه في العديد من البلدان مثل الهند وزامبيا.

٤- في الصين:

يربى طفيل البيض *Trichogramma* sp. تربية كمية على عوائل بديلة بغرض إطلاقة في الطبيعة لمجابهة الآفات. وقد أستخدم أولاً وعلى نطاق واسع لمكافحة حفارات قصب السكر، ثم إتسع وإزداد إطلاقه لمجابهة عدد آخر من آفات المحاصيل الحقلية والبستانية منها على سبيل المثال لفافات أوراق الأرز *Cnaphalocrocis medinalis*، وحفار ساق الذرة الأوربي *Ostrinia nubilalis*، ودودة اللوز الأمريكية *Heliothis armigera*، وحفار قصب السكر *Chilo injuscatellus*، وفراشة التفاح البنية *Pandemis haparana* وغيرها من الآفات لدرجة أصبح معه إطلاق هذه الطفيليات الآن من أحد المقاييس الهامة في إستراتيجيات مجال السيطرة المتكاملة لآفات الأرز والقطن وقصب السكر والذرة. وهناك محاولات الآن لتربية هذا الطفيل تربية كمية على عوائل صناعية بدلاً من العوائل الطبيعية بهدف تقليل تكاليف الإنتاج وأمكنهم حتى الآن تربية ٣٥ جيلاً من هذا الطفيل على مثل هذه العوائل الصناعية دون حدوث أي تدهور في تربية هذا الطفيل والذي أظهر كفاءة تطفل لاتقل عن أفراده المرباه على العوائل البديلة.

٥- في الهند:

يربى طفيل البيض *Trichogramma chilonis* تربية كمية على نطاق كبير لإطلاقها في الحقول لمكافحة حفار قصب السكر *Chilo sacchariphagus indicus*.

تطلق هذه الطفيليات بمعدل ٥٠,٠٠٠ فرد للهكتار الواحد خلال الفترة من الشهر الرابع إلى الحادي عشر من زراعة المحصول، وقد كان ذلك كافياً تماماً وإقتصادياً لمكافحة هذا الحفار والآن تدعم الدولة هذا الإتجاه لإتساع رقعة إستعماله لمكافحة عدد آخر من الآفات إذ قامت بإنشاء ١٢ محطة رئيسية لتربية الطفيل إضافة إلى ٥٠ محطة فرعية أخرى.

٦- في ألمانيا:

يربى الطفيل *Trichogramma evanescens* تربية كمية على عوائل بديلة مثل بيض فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella*، وبيض فراشة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella* لإطلاقه في الحقل لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربي *Ostrinia nubilalis*. يطلق هذا الطفيل بمعدل ٣ مرات كل منها يتكون من ٥٠,٠٠٠ طفيل للهيكتار الواحد على فترات من ١-٢ أسبوع. وقد أدى ذلك إلى إنخفاض الإصابة بهذا الحفار بمعدل ٧٥% في المتوسط. وهناك إتجاهات بحثية مكثفة في معامل Darmstadt لتقليل أعداد الإطلاقات. وقد وجد بالدراسة أن هذا الأسلوب من المكافحة البيولوجية أرخص بكثير من أسلوب المكافحة الكيميائية علاوة على أنه لا يتطلب جهداً أو أجهزة معقدة، ناهيك عن ضمان هذا الأسلوب من الناحية الأيكولوجية إذ قد إتسعت رقعة المساحات الزراعية التي يطبق فيها هذا الإجراء. وهناك العديد من المحاولات لإستخدام هذه الطريقة لمكافحة عديد من الآفات مثل ديدان الكرنب *Mamestra brassicae* و *Pieris* spp. على الكرنب. هذا وقد أتبع نفس الأسلوب من المكافحة بإستعمال طفيل البيض *Trichogramma* spp. في بلاد مختلفة أخرى من العالم مثل سويسرا وكولومبيا والأرجنتين وفرنسا وغيرها.

٧- في مصر:

- **المكافحة البيولوجية لحشرات المن على الفلفل تحت ظروف الزراعات العضوية:** نظراً للتوسع الشديد فى الزراعات المحمية تحت الظروف المصرية، خاصة تلك الزراعات العضوية المخصص إنتاجها بشكل أساسى إلى التصدير، كان لزاماً على المستثمرين فى ذلك المجال اللجوء إلى المكافحة البيولوجية لمكافحة عديد من آفات الزراعات المحمية وخاصة حشرات المن *Microsiphum euphorbiae*، والذى يعتبر الآفه الأكثر أهمية على الفلفل المنزرع فى الزراعات المحمية فى مصر. يتم مكافحة هذا النوع من المن بواسطة أبو العيد ١١ نقطة، أسد المن الأخضر علاوة على طفيليات المن.
- مكافحة ثاقبة القصب الصغرى *Chilo agamemnon* في حقول قصب السكر بإستخدام الطفيل *Trichogramma evanescens*. أصبح الإعتماد على هذا الطفيل كلية هو الأسلوب المتبع والموصى به لمكافحة تلك الآفة في حقول قصب السكر في مصر دون الحاجة إلى إستخدام المبيدات.
- مكافحة آفات نخيل البلح التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة في واحة سيوة بإستخدام طفيل البيض *Trichogramma evanescens*.

- في مركز خدمات الزراعة الحيوية بأسوان الذي أنشئ عام ٢٠٠٢ يتم الإنتاج الكمي للأعداء الحيوية من الطفيليات وأهمها طفيل البيض *Trichogramma evanescens* وطفيليات المن والمفترسات وأهمها مفترس أسد المن وأبو العيد ذو السبع نقاط وبقة الأوريس لمكافحة الآفات بيولوجياً بمناطق الإستصلاح الجديدة والأراضي المحيطة ببحيرة ناصر بصفة خاصة.
- هذا إضافة إلى شركات خاصة لإنتاج عناصر المكافحة البيولوجية كمياً وبصفة خاصة طفيل البيض *Trichogramma evanescens* وعوائله المعملية.

ب- في مجال الممرضات:

١- في استراليا:

تعتبر الحشيشة *Chondrilla juncea* حشيشة دخيلة في المساحات المنزرعة بالقمح في استراليا. يوجد لهذه الحشيشة ثلاث أطياف وراثية (ذات الورقة الضيقة، ذات الورقة العريضة، وذات الورقة الوسطية بينهما). أمكن مكافحة الشكل ذو الورقة الضيقة (وهو الأكثر إنتشاراً) بإستعمال الممرض النباتي *Puccinia chondrillina* الذي تم إستيراده من إيطاليا. أمكن أيضاً إستيراد سلالة أخرى من هذا المسبب الصدأي لمكافحة الشكل ذو الورقة المتوسطة. ويعتبر هذا المشروع هو أول نجاح لإستيراد ممرض نباتي لمكافحة آفة نباتية دخيلة، كما يعتبر أيضاً أول نجاح للمكافحة البيولوجية للحشائش في محصول موسمي.

٢- في فرنسا:

أستخدم الفطر *Beauveria tenella* في محطة تجارب La Miniere بفرنسا في مكافحة يرقات الجعال *Melolontha melolontha* لدرجة أمكن معها إحداث حالة من الوباء المرضي بين التعدادات الطبيعية لهذه الآفة والإقلال من معدل المكافحة الكيميائية إلى حوالي ٤/١ الجرعة الموصى بإستعمالها لمكافحة هذه الآفة كيميائياً (تستعمل المبيدات الفوسفورية مثل الباراثيون).

المكافحة البيولوجية والإدارة المتكاملة للآفات:

يمكن أن تقف مشاريع المكافحة البيولوجية وحدها في مكافحة الآفات دون الإعتماد على مجهودات المكافحة الأخرى. لكن هذا يكون صحيحاً بصفة خاصة مع آفات المساحات غير

المنزرعة، والحشائش المائية، وحشائش المراعي، وآفات نباتات الزينة وحشرات الغابات. يمكن لعديد من آفات المحاصيل أن تدخل ضمن توليفات معقدة من الآفات يجب مكافحتها في وقت واحد للحصول على إنتاجية عالية. وفي مثل هذه الحالات لابد من التكامل بين وسائل مكافحة متباينة ومتضاربة (مكافحة بيولوجية ومكافحة كيميائية وربما أيضا مكافحة بيولوجية وتربية نباتات أو عمليات زراعية). والسؤال الأساسي في هذا التكامل هو أي من وسائل المكافحة يعتبر ضروريا وأيها يعتبر إختياريا optional. ففي الفترة ما بعد ١٩٤٥، عندما كان إستعمال المكافحة الكيميائية شائعا، كانت المكافحة الكيميائية هي الوسيلة الرئيسية للمكافحة وينظر إلى المكافحة البيولوجية على أنها ثانوية غير ضرورية. وكان يتوقع دائما أن تلعب هذه المكافحة البيولوجية دوراً ضئيلاً إذا ما كان فى مقدورها أن تعمل بالرغم من معاملة المبيدات. وحيث أن عناصر المكافحة البيولوجية كانت غير قادرة على أن تعمل فى مكافحة آفات المحاصيل التي عوملت بالمبيدات، وكان يعتبر هذا برهاناً على أن المكافحة البيولوجية غير ذات أهمية.

في السنوات الأخيرة، تغيرت النظرة تدريجياً نحو أولوية طرق المكافحة وإرتفع تصور المكافحة المتكاملة للآفات المعتمد على المكافحة البيولوجية ومن خلال هذا التصور أصبحت عناصر المكافحة البيولوجية ضرورية وتأتي في المقام الأول في بناء نظم المكافحة.

البَابُ الثَّانِي

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية وعناصر المكافحة البيولوجية

أولاً: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية وعناصر المكافحة البيولوجية

KINDS OF BIOLOGICAL CONTROL TARGETS AND AGENTS

أولا: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية Targets of Biological Control

أستخدمت المكافحة البيولوجية أولاً فى مكافحة الحشرات والأكاروسات والحشائش، ثم أتسع نطاق إستعمالها مع الوقت لتشمل عناصر أخرى من اللافقاريات وأمراض النبات وحتى بعض الفقاريات.

ا- الحشرات Insects

تعتبر الآفات الحشرية هى أكثر الكائنات شيوعاً التى يستخدم فى مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. تقع معظم هذه الآفات فى رتب الحشرات العاشبة herbivorous الهامة مثل رتب متشابهة الأجنحة، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة، وغمدية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة، إضافة إلى أعداد أقل تقع فى رتب أخرى. وتعتبر رتبة متشابهة الأجنحة من أكثر الرتب التى أستخدمت ضدها أساليب المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد الحشرات النافعة التى أستخدمت بنجاح فى معظم الحالات، وترجع هذه الصورة من الإستعمال الناجح للمكافحة البيولوجية إلى إرتفاع معدل تحرك حشرات المن والحشرات القشرية والذباب الأبيض دولياً على النباتات أثناء التجارة بسبب صغر حجمها وتعذر رؤيتها، وأيضاً إلى وجود عدد كبير من الأنواع المهمة كآفات بين هذه المجاميع، وإلى زيادة معدل نجاح الطفيليات والمفترسات فى خفض تعدادات هذه الحشرات.

ب- الأكاروسات Mites

تقع عديد من عائلات الأكاروسات فى نطاق الكائنات المستهدفة للمكافحة البيولوجية، ومن هذه العائلات Tetranychidae، Tarsonemiac، Eriophyidae. تضمنت سبل المكافحة إستيراد الأكاروسات المفترسة (وبصفة أساسية عائلة Phytoseiidae)، وخنافس أبو العيد Coecinellidae، وشمل أيضاً إكثار وإطلاق الأكاروسات المفترسة المرباة، وأيضاً شمل سبل الحفاظ على الأعداء الطبيعية المتوطنة.

جـ- اللافقاريات الأخرى Other invertebrates

تعتبر القواقع من مجموعة اللافقاريات، بعد الحشرات والأكاروسات، التى أستخدم فى مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. والقواقع ذات الإهتمام إما أن تكون أنواع متغذية على النباتات ومهلكة إياها، أو ذات أهمية طبية تعمل كعوامل وسيطة للأمراض التى تصيب الإنسان أو الحيوانات الأليفة. من بين القواقع التى تصيب المحاصيل، يمثل القوقع الأفريقى العملاق *Achatina fulica* أهمية خاصة لإنتشاره فى مناطق عدة بسبب الإستيراد المتعمد له إذ يستعمل كغذاء. ومن القواقع ذات الأهمية الطبية تلك التى تعمل كعائلاً وسيطاً للبلهارسيا.

أما مجهودات المكافحة البيولوجية ضد نماذج أخرى من اللافقاريات فهى نادرة. سجل إستيراد طفيل بيض للعنكبوت السام *Latrodectus mactans* إلى هاواى، وإستيراد الذبابة الطفيلية *Pelidnoptera nigripennis* إلى أستراليا لإطلاقها ضد الحشرة المتوطنة *Ommatoiulus moreletii*.

د- الحشائش Weeds

أصبحت النباتات فى كثير من المجموعات التقسيمية النباتية، آفات حشائشية، أرضية كانت أو مائية، فى مواطن متباينة تشمل الغابات والمراعى والزراعات والنظم البيئية المحلية Native ecosystems. وقد أصبح العديد منها مستهدفاً للمكافحة البيولوجية من خلال إستيراد آكلات أو ممرضات نباتية. يقع نصف هذه الأنواع تقريباً تحت ثلاث عائلات هى Mimosaceae, Asteraceae, Cactaceae، أما بقية العائلات فتشمل أنواع قليلة ذات أهمية إقتصادية مثل عائلة Clusiaceae التى يقع تحتها النوع *Hypericum perforatum*، وعائلة Salviniaceae التى يقع تحتها النوع *Salvinia molesta*، وعائلة Verbenaceae التى يقع تحتها النوع *Lantana camara*. أما النجيل grasses فهو عادة ليس من المجاميع التى أتبع معها المكافحة البيولوجية، ولو أن البعض منها قد يحتاج، والفرصة متاحة، لإستعمال المكافحة البيولوجية ضد آفات الأنواع المختلفة منها.

هـ- الفقاريات Vertebrates

تشكل التعدادات المتوحشة من الفقاريات مثل الأرانب والخنازير والماعز والأغنام والفئران والأبوسوم (حيوان أمريكى) آفات هامة مهلكة للغابات والمراعى وسلامة البيئة فى كثير من المناطق، ولو أن العديد من هذه الأنواع يكون مرغوباً فى مناطق أخرى. يجب عند إستخدام المكافحة البيولوجية ضد هذه الفقاريات أن تكون عناصره على درجة عالية من التخصص بغرض حماية الفقاريات الأخرى.

بالإضافة إلى إستيراد الممرضات ذات المدى العوائلى الضيق جداً أو العمل على تشجيع المفترسات المتوطنة، فهناك الطرق الوراثية التى قد تطورت أخيراً والتى تبنى على إستخدام ممرضات فقارية مهندسة وراثياً genetically modified مثل فيروس الميكسوما Myxoma فى الأرانب والذى يتسبب فى أن يجعل الأنثى المصابة منتجة لأجسام مضادة ضد الحيوانات المنوية للنوع وبذلك يمتنع حدوث الحمل.

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية Biological Control Agents

تعتبر الأعداء الطبيعية، وهى العناصر المستخدمة فى المكافحة البيولوجية، المصادر الرئسية التى بها يتحقق نجاح المكافحة البيولوجية. تنحدر هذه العناصر من مجاميع تقسيمية تتفاوت فى خصائصها البيولوجية والمجتمعية populational. تلعب هذه الخصائص دوراً كبيراً فى النجاح أو الفشل المرتبط بإستخدام أى من هذه المجموعات من الأعداء الطبيعية.

أ- الطفيليات الحشرية insect parasitoids

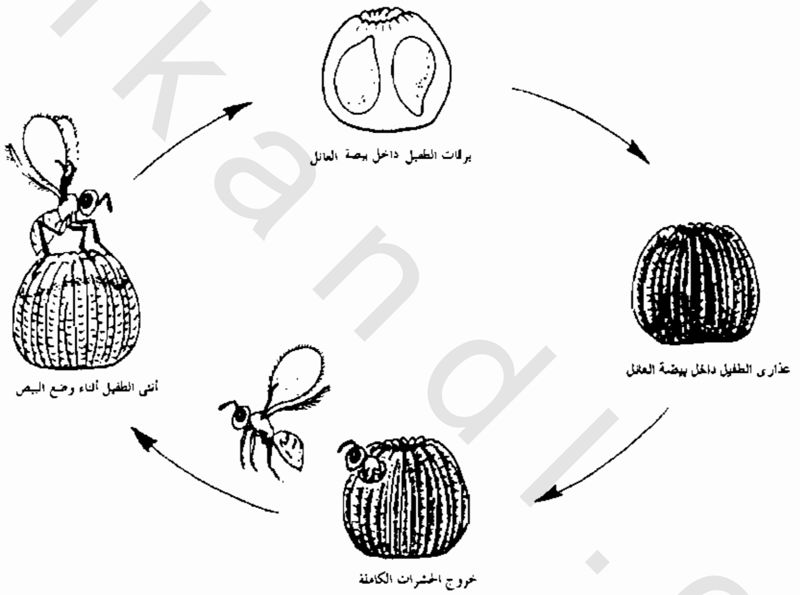
الطفيليات الحشرية هى مفصليات أرجل تقتل عوائلها (على العكس من الطفيليات الحقيقية كالبراغيث مثلاً "وحشرات رتبة ملتوية الأجنحة" التى لا تقتل عوائلها)، ويكون لها القدرة على أن تكمل نموها فى أو على عائل واحد فقط (وذلك على العكس من المفترسات التى تلتهم عدداً كبيراً من الفرائس لإكمال نموها). تعتبر الطفيليات الحشرية أكثر عناصر المكافحة البيولوجية إستيراداً لمكافحة الحشرات. تقع معظم هذه الطفيليات تحت رتبة غشائية الأجنحة والقليل منها تحت رتبة ذات الجناحين.

وبالرغم من إستخدام طفيليات من عائلات متنوعة فى مجال المكافحة، إلا أن هناك مجموعات معينة تكون أكثر إستخداماً من غيرها من العائلات ومنها عائلات Aphelinidae, Encyrtidae, Ichneumonidae, Braconidae, Pteromalidae, Eulophidae، وهذه كلها تتبع رتبة غشائية الأجنحة. أما رتبة ثنائية الأجنحة فمنها عائلة Tachinidae. توجد أيضاً طفيليات حشرية فى رتبة ملتوية الأجنحة Strepsiptera، شبكية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة، وغمدية الأجنحة (مثل عائلات Rhipiphoridae, Meloidae, Staphylinidae) بالرغم من أن التطفل ليس نموذجياً فى هذه الرتبة.

فى بعض الأنواع الطفيلية، يمكن أن ينمو فرد واحد فقط من الطفيل على أو داخل فرد واحد من عائله، بينما فى البعض الأخر، يمكن أن ينمو أكثر من فرد من الطفيل على أو داخل

فرد واحد من العائل. يطلق على طفيليات الحالة الأولى "طفيليات انفرادية " Solitary وعلى طفيليات الحالة الثانية "طفيليات جماعية" Gregarious. يمكن تقسيم الطفيليات وفقاً للطور الذى تهاجمه وموضع البيض وعدد النسل الناتج من العائل الواحد إلى المجاميع التالية:

١ – **طفيليات بيضة حقيقية Egg-egg (Oophagous) parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من نفس طور بيضة العائل. من أمثلة تلك الطفيليات، تلك التابعة لعائلة Trichogrammatidae مثل طفيليات *Trichogramma* spp. المتطفلة على معظم بيض رتبة حرشفية الأجنحة (شكل ١:٢) وكذلك طفيليات عائلة Scelionidae مثل طفيليات *Telenomus* spp. خلاصة القول أن دورة حياة الطفيل من البيضة إلى الحشرة الكاملة تتم داخل بيضة العائل الحشرى. لتلك المجموعة من الطفيليات أهمية عظمى فى مجال الضبط البيولوجى للآفات الحشرية لكونها تكافح وتقضى على الآفة وهى لا تزال فى طور البيضة.


يرقات الطفيل داخل بيضة العائل
عذارى الطفيل داخل بيضة العائل
خروج الحشرات الكاملة
أنثى الطفيل أثناء وضع البيض

شكل (١:٢) يوضح دورة حياة طفيل البيضة *Trichogramma evanescens*

٢- **طفيليات بيضة- يرقة Egg - larval parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على طور بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من الطور اليرقى للعائل وهذه تقسم بدورها إلى ما يلى:-

أ) **طفيليات بيضة -يرقة إنفرادية Solitary egg - larval parasitoids**: وفيها يوضع بيض الطفيل داخل بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من يرقة عائلها ولكن لايخرج أكثر من فرد واحد من الطفيل من كل عائل حتى ولو حدث تطفلاً متزايداً superparasitoidism. من أمثلة ذلك طفيل *Phanerotoma ocularis* المتطفل على فراشة الندوة العسلية *Cryptoblabes gnidiella*، وكذلك طفيل *Chelonus* sp. المتطفل على فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea operculella*.

ب)- **طفيليات بيضة- يرقة جماعية Gregarious egg-Larval Parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على بيض العائل وتخرج الحشرة الكاملة من يرقة عائلها ويخرج أكثر من فرد من الطفيليات من فرد واحد من العائل. من أمثلة ذلك الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيضة فراشة درنات البطاطس حيث يحول الطفيل يرقة عائله إلى مومياء mummy أو جثة هامدة carcass مرتب بداخلها عذارى الطفيل. يخرج من المومياء الواحدة من العائل ما يقرب من ٨-٦٨ فرد من الطفيل وقد يصل عدد الطفيليات الخارجة من العائل الواحد إلى ما يقرب من عدة آلاف كما فى الطفيل *Pentalitomastix* التابع لعائلة Encyrtidae.

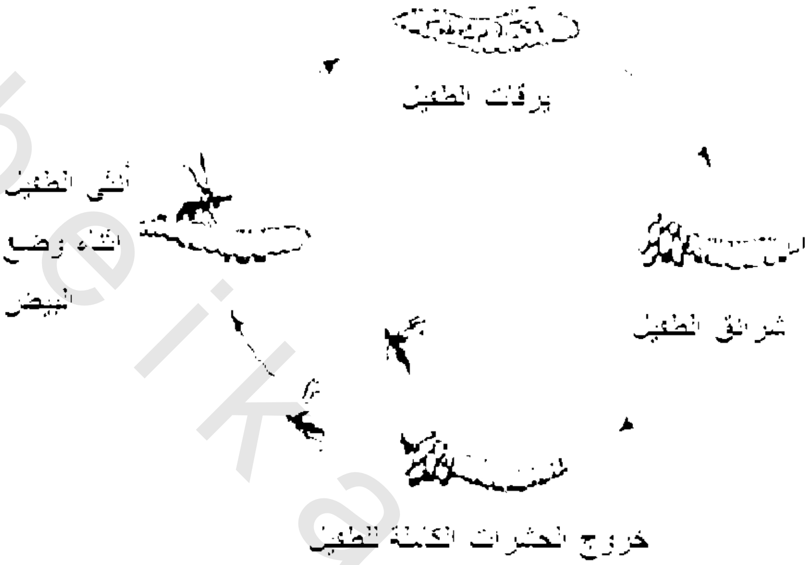
٣- **طفيليات بيضة – عذراء Egg-pupal parasitoids**: وهى من الأمثلة القليلة المعروفة فى مجال الطفيليات. حيث توجد فقط فى طفيل *Biosteres* sp. الذى يضع بيضه داخل بيض ذباب الفاكهة وتخرج الحشرات الكاملة للطفيل من طور العذراء لذباب الفاكهة.

٤- **طفيليات يرقة Larval parasitoids**: وهى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على يرقة العائل وهذه تقسم إلى:-

أ) **طفيليات يرقة داخلية Larval endoparasitoids**: هى تلك الطفيليات التى تتطفل على عائلها فى الطور اليرقى ويكون الطور الأكول للطفيل (الطور اليرقى) داخلى التطفل وهذه تقسم إلى:-

١- **طفيليات يرقة داخلية – إنفرادية Solitary larval endoparasitoids**: وفيها ينتج فرد واحد من الطفيل من فرد واحد من العائل (اليرقة) حتى بالرغم من حدوث ظاهرة التطفل المتزايد، مثل طفيل *Apanteles litae* المتطفل على فراشة درنات البطاطس.

٢- **طفيليات يرقة داخلية - جماعية Gregarious larval endoparasitoids**: وفيها يخرج أكثر من فرد من الطفيل من نفس الفرد من العائل (اليرقة) بحيث ينتج كل فرد من بيضة مستقلة مثل طفيل *Cotesia glomerata* المتطفل على دودة الكرنب (شكل ٢:٢).



شكل (٢:٢) يوضح خطوات دورة حياة الطفيل الجماعى الداخلى *Cotesia glomerata*

ب- **طفيليات يرقة خارجية Larval ectoparasitoids** : تشتمل هذه المجموعة على مجموعة الطفيليات التى تتطفل على عائلها فى الطور اليرقى ويكون النمو بعد الجنينى فى الطور اليرقى خارجياً على سطح العائل، يكون معظم تلك الطفيليات جماعية التطفل Gregarious وتلجأ إلى عملية التخدير عند وضع البيض وغالبا ما تلجأ إلى التطفل على الأعمار اليرقية المتقدمة أو الأخيرة لعوائلها لإمتلائها بالغذاء اللازم لنمو حضنة الطفيل. من أمثلة تلك المجموعة *طفيل Goniozus legneri* التابع لعائلة Bethylidae المتطفل على يرقة دودة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella* وكذلك طفيل *Bracon instabilis* المتطفل خارجياً على يرقات دودة درنات البطاطس.

فى هذا النوع من التطفل، تهاجم أنثى الطفيل عائلها بعد تحسسه وقبولها له ثم يتم تخدير العائل عن طريق دفع آلة وضع البيض فى إحدى العقد العصبية الصدرية مفرزة لمادة كيميائية تركيبها الكيميائى غير معروف بالضبط، وبعد مدة وجيزة يسكن العائل تماماً، وغالباً ما تلجا الحشرات إلى التخدير لإنجاز عدة مهام منها:

١- وقف إنسلاح الطور غير الكامل للعائل المتطفل عليه حيث أنه لو تم وضع البيض على عائل غير مخدر فعند الإنسلاخ يحدث إستبدال وإزاله للجليد القديم بما عليه من بيض أو يرقات الطفيل غير مكتملة النمو ويحل محله الجليد الجديد ويعتبر هذا فقد لبيض الطفيل وبالتالى يؤثر على تعداداته وكفاءته فى مكافحة الآفة بيولوجياً.

٢- وقف حركة الحشره تماما.

٣- وقف التغذية ومعظم العمليات الفسيولوجية الأخرى.

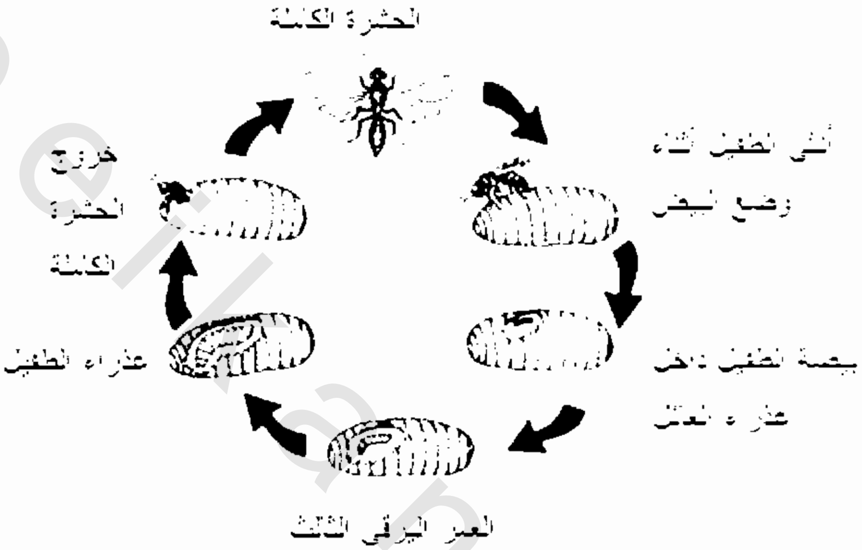
٤- يصبح العائل المتطفل عليه جثة هامدة Carcass، لكن يكون سائل دمه صالح لتغذية صغار الطفيل.

بعد تمام عملية التخدير، تضع أنثى الطفيل بيضها أو يرقاتها (شكل ٣:٢- أ) على سطح العائل المخدر، وعند فقس البيض تثبت الأعمار اليرقية المختلفة نفسها على سطح العائل (شكل ٣:٢- ب) ثم تبدأ فى التغذية وعند إكتمال نموها قد تعذر على أو أسفل أو بجوار بقايا العائل (شكل ٣:٢- جـ).

ومن المسلم به أن معظم الطفيليات الخارجية تحتاج إلى وجبة بروتين لإنضاج البيض الموجود داخل المبايض ولذلك تلجأ الإناث إلى دفع آلة وضع البيض داخل جسم العائل فتحدث به ثقباً فينبثق سائل دم العائل من هذا الثقب الذى ترتشفه الأنثى، مستهلكة معظم المادة الغذائية ليرقة العائل التى تصبح بالتالي غير صالحة للتطفل عليها.

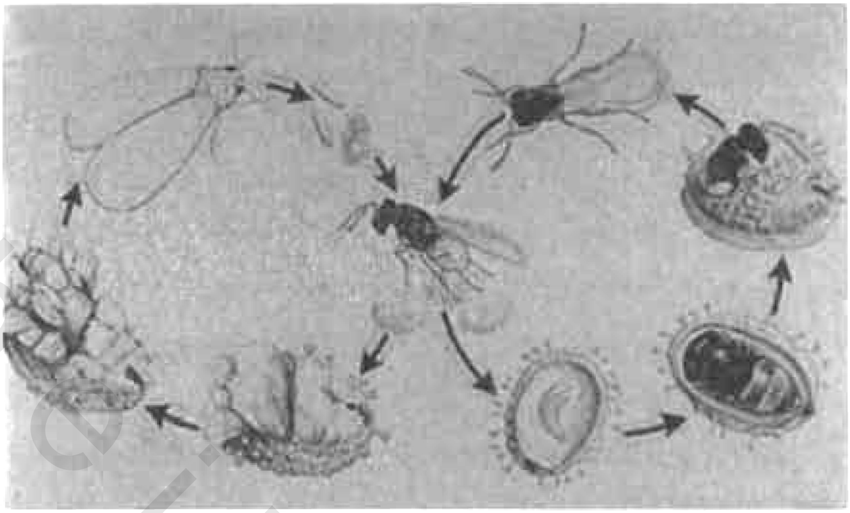
شكل (٣:٢) يوضح خطوات التطفل فى طفيليات اليرقة الخارجية

٥- **طفيليات عذراء Pupal parasitoids**: تحوي هذه المجموعة الطفيليات التي تتطفل على عائلها في طور العذراء وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من نفس هذا الطور مثل طفيل *Brachymeria femorata* المتطفل على أبى دقيق الكرنب، وطفيل *Brachymeria aegyptiaca* المتطفل على دودة الكريتوبلابس، وطفيل *Muscidifurax raptor* (شكل ٢:٤) وطفيل *Nasonia vitripennis* المتطفلان على عذارى الذباب، والطفيلين *Pachycrepoideus vindemmiae*، *Spalangia gemina* على عذارى ذبابة الفاكهة وذباب الدروسوفلا.



شكل (٢:٤) يوضح دورة حياة طفيل العذارء *Muscidifurax raptor*

٦- **طفيليات حورية Nymphal parasitoids**: مثل هذه الطفيليات غالباً ما تتركز فى طفيليات الذباب الأبيض مثل طفيل *Eretomecrus mundus* وطفيل *Encarsia inaron* (شكل ٢:٥) وهما طفيليات حورية على الذباب الأبيض، وطفيليات المن التى غالباً ما تتطفل أيضاً على الحوريات وكذا طفيليات البق الدقيقى مثل الطفيليات *Clausen josefi*، *Leptomastix dactylopii*، *Neoplatycerus palestinesis*، وهى طفيليات إنفرادية داخلية على بق العنب الدقيقى *Planococcus ficus*، (عطية ٢٠٠٣، عوض الله وآخرون ٢٠٠٤).



دورة حياة الذبابه البيضاء دورة حياة الطفيل *Encarsia inaron*

شكل (٥:٢) يوضح دورة حياة طفيل الحورية *Encarsia inaron*

٧- **طفيليات الحشرة الكاملة:** هى مجموعة الطفيليات التى ترتبط بتطفلها على طور الحشرة الكاملةلعائلها الحشرى مثل طفيل *Aphelinus mali* المتطفل على من التفاح الصوفى *Eriosoma langirum* حيث يحول الفرد الكامل من حشرة المن الى مومياء نحاسية الشكل.

من أهم وأشهر الطفيليات المتطفلة على الحشرات الكاملة ما يتبع عائله Braconidae وتحت عائله Euphorinae التى تتخصص فى وضع البيض داخل الحشرات الكاملة من رتبة غمدية الاجنحة مثل جنسى *Micronotus* و*Perilitis*. كما أن فى رتبة Diptera طفيليات تهاجم الحشرات الكاملة مثل طفيليات عائلات Tachinidae و Pyrogotidae و Phoridae. فى عائلة Phoridae على سبيل المثال يكون لإناث الطفيليات القدرة على وضع البيض فى الحشرات الكاملة للجعاليات وهى طائرة.

فى بعض الأنواع الطفيلية تضع الأنثى الكاملة بيضة واحدة داخل العائل تنقسم تباعاً إلى عديد من الخلايا، كل منها ينمو مستقلاً إلى فرد كامل ويطلق على هذه العملية "ظاهرة تعدد الأجنة Polyembryony". ولو وضع فى العائل الواحد أكثر من بيضة وضعت بأنثى واحدة أو إناث من نفس النوع من خلال عديد من الهجمات فى وقت واحد أو على فترات متباينة وإرتبطت كل هجمة بوضع بيضة أو أكثر من بيضة أطلق على هذا التطفل المتزايد Superparasitoidism، أما إذا هوجم الفرد الواحد من العائل بأكثر من فرد من الطفيليات المتباينة تقسيمياً أطلق عليه التطفل المتعدد Multiparasitoidism.

يمكن أن تصنف الطفيليات أيضاً وفقاً لكيفية تأثير التطفل على العائل فسيولوجياً. فبعض الأنواع (مثل الطفيليات الداخلية من عائلة Braconidae على يرقات حرشفية الأجنحة) التى تنمو داخل العائل الحى المتحرك وتستفيد منه من استمرارية حياته وتغذيته يطلق عليها طفيليات غير قاتلة لعوائلها koinobionts، وعلى العكس من ذلك تلك الأنواع التى تقتل عوائلها قبل أن يفقس بيض الطفيل وعندئذ ينمو داخل أو على العائل الميت أو المخدر يطلق عليها طفيليات قاتلة لعوائلها idiobionts كما هو الحال فى الطفيليات الخارجية أو الداخلية على البيض أو العذارى.

أما تلك الطفيليات التى تهاجم أنواع أخرى من الطفيليات فتعرف بالطفيليات المفرطة hyperparasitoids، أما تلك التى تهاجم عوائلَ ليست فى حد ذاتها طفيليات على الإطلاق فتعرف بالطفيليات الأولية primary parasitoids. فى بعض الأنواع الطفيلية، يكون لكل من ذكورها وإناثها عوائل مختلفة ويطلق على هذه الظاهرة (تطفل مختلف المسكن) heteronomous. فى بعض أنواع هذه المجموعة يمكن أن تنمو الذكور كطفيليات مفرطة على إناث نفس النوع أو أنواع أخرى.

فى بعض الأنواع الطفيلية، يكون كل البيض ناضجاً فى مبيض الأنثى عند خروجها من العذراء، ويمكن أن يوضع البيض بسرعة دون الحاجة إلى فترة لنضج البيض، وتعرف الإناث فى هذه الحالة أنها مسبقة وضع البيض proovigenic females. وعلى العكس من ذلك، فى بعض الأنواع الأخرى تخرج الحشرة الكاملة الأنثى من العذراء بعدد قليل من البيض الناضج وينضج البيض تدريجياً وتعرف الإناث فى هذه الحالة بالإناث مستمرة وضع البيض synovigenic females. فى حالة الإناث التى فيها ينضج البيض تدريجياً، تحتاج كوامل الإناث إلى البروتين فى غذاءها. فى بعض الأنواع تحصل الأنثى على البروتين اللازم لها من عوائلها بغرز آلة وضع البيض فيها وعندئذ تمتص دم العائل المنبثق من الجرح، ويطلق على هذه العملية التغذية على العائل host feeding. تتواجد هذه الظاهرة بدرجة كبيرة بين الطفيليات غشائية الأجنحة. تتطلب العديد من كوامل الطفيليات إلى كربوهيدرات، ويقل عمر الحشرات بدرجة كبيرة فى غياب مصادر التغذية.

ب- المفترسات الحشرية وغيرها من اللافقاريات

تنتشر عادة الإفتراس بشكل كبير بين الحشرات، والعنكبوتيات Arachnida إذ يمكن أن توجد فى معظم الرتب الحشرية وفى عدد كبير من العائلات. تستخدم الأطوار غير الكاملة للمفترسات الفرائس من أجل نموها، بينما تستهلك حشراتها الكاملة الفرائس فمن أجل إنتاجها reproduction وبقائها survival. تستورد الحشرات المفترسة لمكافحة الآفات الدخيلة، أما

المفترسات المتوطنة native فتكون ذات أهمية عظمى فى خفض تعدادات كل من الآفات العاشبة سواء متوطنة أو دخيلة. يعرف الكثير عن مجاميع المفترسات التى لها دورها الفاعل فى خفض تعدادات الآفات الزراعية وآفات الغابات، يقع معظمها فى ٩ عائلات هى: Pentatomidae, Chrysopidae, Staphylinidae, Coccinellidae, Carabidae, Rheduviidae, Anthocoridae Formicidae, Syrphidae، وتعتبر كلها من المفترسات الشائعة التواجد، مفترسة لعديد من أنواع الآفات النباتية.

الإفتراس هو نوع من أنواع المعاشرة sympiosis فيه يهاجم أحد المعاشرين الذي يطلق عليه المفترس predator فرداً واحداً أو عديداً من الأفراد التي تنتمي إلى نوع واحد أو أكثر من نوع بغرض التغذية عليه، وعندها يقضي هذا المفترس مع كل ضحية prey فترة محددة من الوقت تقل عن فترة تغذية طوره الكامل أو غير الكامل. وقد يعود المفترس إلى نفس الضحية أكثر من مرة بقصد التغذية عليه، وهذا يحدث غالباً بين المفترسات الفقارية واللافقارية.

وينقسم الإفتراس إلى نوعين هامين هما:

١- الإفتراس المميت fatal predatism ويأخذ هذا الإفتراس مظهراً نموذجياً في أغلب المفترسات الفقارية وعديد من الحشرات، عنده يقتل المفترس ضحاياه دائماً.

٢- الإفتراس غير المميت non- fatal predatism ويظهر هذا النوع من الإفتراس غاية في الوضوح في عدد بسيط من المفترسات الفقارية، وبعض أنواع الذباب الواخز، والبق، والبراغيث.

يمكن تقسيم نماذج دورات حياة المفترسات إلى أقسام مختلفة إستناداً إلى أماكن وضع البيض، إذ أن هناك من أنواع المفترسات ما يضع بيضه بجوار الضحايا مباشرة كما في عائلة أبي العيدات Coccinellidae، بينما يضع البعض الآخر بيضه في أواسط الإنتشار العامة للضحايا في الماء أو التربة مثلاً وليس بجوار الضحايا، ولا يزال البعض الآخر متأثراً عند وضع البيض بعوامل لا ترتبط عادة بوسط إنتشار الضحايا. وفيما يلي نماذج دورات الحشرات المفترسة والتي بني تقسيمها على الأماكن التي يوضع عندها البيض ونوع الضحية التي تُهاجم:-

أولاً: يوضع البيض في الأماكن المجاورة مباشرة للضحية والتي يرتبط بها ثلاث مظاهر مختلفة هي:

١- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة في أطوارها غير الكاملة فقط مثل المفترس *Phaenobremia aphidivora* من رتبة ذات الجناحين الذي يفترس أثناء طوره اليرقي فقط بعض أنواع المن.

٢- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة ومثل ذلك المفترسات التي تنتمي إلى رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera وعدد من عائلات رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera مثل عائلة بق الأزهار Anthocoridae مثل جنس *Orius* ورتبة غمدية الأجنحة مثل عائلة أبي العيدات Coccinellidae حيث تهاجم المفترسات ضحايا متشابهة خلال طوري حياتها وتضع بيضها بجوار الضحايا.

٣- بعض المفترسات الحشرية التي تضع بيضها بجوار الضحايا وتتميز علاوة على ذلك بكونها مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا مختلفة الأنواع مثل عدد قليل من أنواع المفترسات ذات الجناحين كما في عائلة Muscidae.

ثانياً: يوضع البيض في وسط إنتشار الضحايا وتنقسم هذه المفترسات بدورها إلى:

١- تسلك بعض المفترسات هذه العادة عند وضع البيض وتكون مفترسة أثناء الأطوار غير الكاملة فقط مثل مفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* الذي يفترس المن وغيره من الفرائس خلال الطور اليرقي، ومفترس أسد المن *Cueta variegata* الذى يفترس يرقاته حشرات النمل.

٢- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة هدبية الأجنحة مثل التربس المفترس *Scolothrips longicornis* الذي يفترس خلال طورى الحورية والحشرة الكاملة العنكبوت الأحمر.

٣- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج غير متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة الرعاشات Odonata التى تفترس أثناء طورها الحورى أنواعاً من فرائس مائية، وأثناء طورها الكامل ضحايا أرضية.

أما عن الأكاروسات المفترسة فقد أصبح دورها فى خفض تعدادات مجاميع من الآفات على المحاصيل وغيرها من النباتات أكثر معرفة فى السنوات الأخيرة. ليس للعناكب spider التى تعتبر من آفات المحاصيل الزراعية، أية طفيليات ويعتمد بدرجة كبيرة فى خفض تعداداتها على المفترسات، والتى تتضمن التربس المفترس وخنافس أبو العيد والعناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae.

تهاجم القواقع Snails والرخويات Slugs بالقواقع المفترسة وذباب عائلة Sciomyzidae (التى تفترس يرقاتها واحد أو أكثر من قواقع عديدة أثناء فترات نموها)، وبعض الخنافس الأرضية من عائلة Carabidae. أستخدمت القواقع كعناصر للمكافحة البيولوجية لتحل محل (من خلال المنافسة) القواقع التى تعمل كعوائل وسيطة لأمراض البلهارسيا، أو (من خلال الإفتراس) لتقلل من تعدادات القواقع التى تعمل كآفات للمحاصيل الزراعية وغيرها من النباتات. أستوردت القواقع المائية مثل أنواع من أجناس *Thiara , Melanoides, Tarebia, Marisa* التى لا تستخدم كعوامل وسيطة للبلهارسيا التى تصيب الكبد فى الإنسان لتنافس تلك، مثل أنواع جنس *Biomphalaria*، التى تعمل كعوائل وسيطة. كذلك أستورد القوقع المفترس *Euglandia rosea* إلى مناطق مختلفة لمكافحة القوقع الأرضى الإفريقى العملاق *Achatina fulica* وهى آفة عاشبة تهاجم المحاصيل.

تتنوع المفترسات من الفقاريات التى تهاجم الآفات الحشرية، إذ تتضمن الطيور المتغذية على الحشرات، والثدييات الصغيرة، والسحالى، والبرمائيات، والأسماك ، أستخدم البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. وبالرغم من أن الطيور والثدييات لم تستعمل بصفة عامة كعناصر بيولوجية للإستيراد ضد الآفات الدخيلة، فإن الأنواع المتوطنة منها يعتقد أنها سبب موت عديد من الآفات، وبصفة خاصة فى البيئات المستقرة مثل الغابات. وعلى العكس، فإن الأسماك قد أستخدمت من خلال إطلاقات مكثفة فى مجارى المياه لخفض تعدادات يرقات البعوض.

جـ- ممرضات ومفترسات الفقاريات Pathogens & Predators of vertebrates

قد تستخدم الممرضات فى بعض الأحيان لخفض تعدادات الآفات الفقارية عندما يتم إنتقائها وتعريفها بكل دقة للإستعمال الآمن. قد يكون إستخدام عناصر المكافحة غير مقبول فى البيئات المستقرة لكنه يكون مقبولاً فى غيرها مثل جزر المحيطات حيث لا يكون هناك إستقرار آدمى يوجب أو يخلق تضارباً بين خفض تعدادات هذه الأنواع المتوحشة (التى ينظر إليها على أنها آفات) وتلك التعدادات المنزلية لنفس النوع (والتى ينظر إليها كمصادر إقتصادية هامة). لذلك فإن إطلاق ممرض مثل *Feline panleucopaenia* لمكافحة التعدادات المتوحشة للقطط المنزلية فى جزر غير آهلة بالسكان أمر مقبول، لكن، فى مناطق أخرى يكون من غير المقبول إستعمال هذا الممرض. تتضمن الممرضات الفقارية الأخرى التى أستعملت فى مجال المكافحة البيولوجية فيروس ميكسوما Myxoma virus للأرانب، و بعض الديدان helminthes التى تهاجم الفئران. هناك إهتمام أيضاً بإمكانية إستخدام الممرضات التناسلية venereal لخفض معدلات النمو السريع

والمتوحش للماعز فى جزر المحيطات غير الآهلة بالسكان إذ أنها تسبب ضرراً كبيراً للنباتات المتوطنة.

نادراً ما تكون الأنواع الفقارية التى تعمل كمفترسات للفقاريات متخصصة بالقدر الكافى الذى يسمح بإستيرادها بأمان لمناطق أخرى غير مواطنها الأصلية.

كان البعض يعتقد لسنين عديدة أن الطيور والثدييات المفترسة الصغيرة يمكن أن تكون وسائل الضغط الهامة التى تقلل من تعدادات الآفات الحشرية وخصوصاً فى مناطق الغابات، لكن هناك قليل من التجارب التى توضح تأثير المفترسات الفقارية الأرضية فى مكافحة آفات معينة. تضمنت هذه المفترسات ذات الإهتمام مجموعات واسعة ومتنوعة من الطيور آكلات الحشرات والثدييات الصغيرة مثل الفئران ولكن بسبب المدى الغذائى الواسع لمثل هذه الفقاريات وسلوكياتها المرنة فى جمع الغذاء أصبح إستيرادها إلى مناطق جديدة فى منتهى الخطورة مقارنة بإستيراد غيرها من عناصر المكافحة البيولوجية. ولذلك يعتبر الحفاظ على الفقاريات المتوطنة المتواجدة وتشجيعها هى الطريقة الأساسية التى من خلالها يمكن إستعمال الطيور والثدييات فى مجال المكافحة البيولوجية بدلاً من إستيراد أنواع جديدة.

أستخدمت بعض الفقاريات المائية (مثل أنواع مختلفة من الأسماك) فى مكافحة الحشرات التى تربى فى الماء مثل البعوض والهاموش. أكثر الأنواع إستعمالاً لهذا الغرض نوعين من الأسماك يتبعان عائلة Poecilidae هما سمك البعوض *Gambusia affinis* ونوع السمك *Poecilia reticulata*، وقد نجح إستعمال هذين النوعين فى حالات عديدة، لكن لم تكن فعالة فى البعض الآخر. يمكن أن يؤثر إستيراد أسماك عائلة Poecilidae وغيرها من الأنواع غير المتوطنة على الأسماك المحلية المتوطنة من خلال المنافسة أو التهجين hybridization وهذا الإحتمال لابد أن يؤخذ فى الإعتبار بعناية قبل إطلاق تلك الأنواع الدخيلة فى المناطق الجديدة. ولابد أن يؤخذ فى الإعتبار إمكانية إستعمال الأسماك المحلية كبديل عن تلك الإستيرادات.

د- الممرضات والنيماتودا التى تهاجم مفصليات الأرجل

المرض هو الحالة التى يكون فيها الجسم أو أحد أعضائه أو أنسجته مضطرب disturbed إما وظيفياً أو تركيبياً. يمكن أن تكون الأمراض إما معدية بسبب الممرضات أو غير معدية بسبب العوامل غير الحيوية (مثل الحرارة والتجويع والإصابة والكيماويات). ويهمنا فى هذا المجال الحالة الأولى.

تشمل الممرضات الحشرية entomopathogens عدداً من الأنواع البكتيرية والفيروسات والفطريات والبروتوزا. تعتبر الأوبئة الطبيعية بعناصر معينة منها ذات أهمية كبيرة فى إحداث الموت لبعض الأنواع من الآفات. وسوف نلقى الضوء فقط على تلك المجاميع الممرضة إذ يختص علم أمراض الحشرات بالتفصيلات عنها.

من بين المجاميع الممرضة، تعتبر البكتريا من أكثر العناصر البيولوجية التى تسوق تجارياً. وتعتبر البكتيريا أكثر طلباً للإستعمال التجارى من الفيروسات بسبب أن عديد من الأنواع يمكن إنمائه على بيئات متخمرة fermentative media وأن معظمها لا يتطلب التكاليف الباهظة لزراعتها على عوائل حشرية حية.

الممرضات البكتيرية Bacterial pathogens

البكتيريا كائنات وحيدة الخلية ذات جدر خلوية صلبة rigid ، يتفاوت شكلها بين العصوى rods والكروى spheres والحلزونى spiral. تدخل معظم البكتيريا الممرضة عوائل مفصليات الأرجل من خلال الفم عند إبتلاع غذاء ملوث بها. تتضاعف فى القناة الهضمية وتنتج إنزيمات (مثل الليسيثينز lecithinase والبروتينيز proteinase) وتوكسينات toxins تتلف خلايا القناة الهضمية الوسطية وبذا تساعد البكتيريا فى أن تغزو تجويف دم الحشرة. وبمجرد نجاحها فى غزو تجويف الدم تسبب البكتيريا تسمماً عاماً للعائل ينتج فى أثنائه مزيد من التوكسينات. ينتج موت العائل من التضاعف فى نمو البكتيريا فى تجويف الدم والتسمم بواسطة التوكسينات البكتيرية. قبل الموت، تفقد العوائل شهيتها للأكل وتتوقف عن الغذاء. تصاب العوائل المريضة بالإسهال وتخرج برازاً سائلاً، كما يمكن أن تتقيأ. وتعمل كل من هاتين العمليتين على توزيع جزئيات معدية من البكتيريا فى الوسط فتسمح بإنتقال المرض إلى عوائل جديدة. تصبح العوائل التى تقتل بالبكتيريا غامقة اللون لينة وتصبح الأنسجة لزجة ذات رائحة كريهة. يبقى جدار جسم الحشرة سليماً بينما تنكمش الجثة وتصبح جافة وصلبة. تضفى بعض أنواع من البكتيريا ألواناً مميزة على جثة العائل. فعلى سبيل المثال وجود اللون الأحمر يكون دليلاً على الإصابة بالبكتيريا *Serratia marcescens*، وتظهر يرقات النحل المصابة بالبكتريا *Bacillus alvei* لوناً أصفر أو رمادياً، بينما تلك المحتوية على البكتيريا *B. larvae* تكون ذا لون بنى غامق. يتحول الجزء الخلفى من يرقات الخنفساء اليابانية المصابة بالبكتيريا *Bacillus popillae* إلى اللون الأبيض. تحول معظم الإصابات البكتيرية الأخرى لون العائل إلى اللون البنى الغامق وهو لون مرتبط بالتحلل البكتيرى.

بينما تدخل معظم بكتيريا مفصليات الأرجل إلى عوائلها من خلال الفم، فالقليل منها قادر على إختراق جدار الجسم مباشرة كما هو الحال فى البكتيريا *Micrococcus nigrofaciens* الممرضة لخنافس جنس *Lachnosterna*. تنتقل بعض البكتريا رأسياً من الأبوين إلى النسل كما هو الحال فى البكتيريا *Serratia marcescens* الذى يصيب الجراد البنى *Locustana paradalina*. فى بعض الحالات يمكن أن تدخل البكتيريا إلى التجويف الدموى للعائل مباشرة على آلة وضع بيض طفيليات غشائيات الأجنحة. وعلى كل فهذه الحالات ذات أهمية ضئيلة إذ أن الطريق الدائم لدخول البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل يكون عن طريق الفم عند التغذية على غذاء ملوث.

نظراً لأن التجويف الدموى للحشرة هو الموقع المميز للعدوى البكتيرية فى معظم مفصليات الأرجل، فإن ميكانيكيات الدخول إلى هذا الموقع تكون من المحددات الضرورية لفاعلية وتأثير الممرضات البكتيرية. هناك ميكانيكيات عديدة تسمح بدخول البكتيريا لفراغ التجويف الدموى. تنتج بعض الأنواع فى جنس *Bacillus* بروتينات بللورية سامة تساعد البكتيريا فى إختراق الخلايا الطلائية للقناة الهضمية الوسطية. تدخل أنواع أخرى من البكتيريا التجويف الدموى بإحداث ثقوب تفتح فى غشاء خلايا القناة الهضمية الوسطية وبذا يؤثر على نفاذيته. هناك أنواع أخرى من البكتيريا تفتقر إلى التوكسينات وتكون عادة غير قادرة على الدخول إلى فراغ التجويف الدموى وعادة تعيش كمترممات saprophytes فى القناة الهضمية للحشرة. مثل هذه المجاميع (*Pseudomonas*, *Serratia*, *Proteus*) تكون ممرضة فيما لو اخترقت التجويف الدموى لكن عادة لا تستطيع ذلك ما لم يكن العائل تحت ضغط بعوامل أخرى. فعندما يكون العائل تحت ضغط، تكون هذه البكتيريا قادرة على أن تتضاعف فى القناة الهضمية وتخترق بفاعلية التجويف الدموى بمساعدة الإنزيمات مثل إنزيم الليسيثينز Lecithinase. تحيا البكتيريا من جنسي *Photorhabdus*, *Xenorhabdus* معاشرة لبعض أنواع من النيماتودا فى عائلتى Steinernematidae, Heterorhabditidae على الترتيب. تستخدم النيماتودا كحامل للبكتيريا إذ تخترق ميكانيكياً فراغ الحشرة الدموى وتضع البكتيريا هناك مباشرة.

بالرغم من أن أنواع عديدة من البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل لم تكتشف بكل تأكيد بعد، لكن تلك التى درست حتى يومنا هذا يمكن أن تقسم إلى مجموعتين كبيرتين هما مجموعة الأنواع غير المكونة للجراثيم non-spore-forming وتوجد فى عائلات Pseudomonadaceae (مثل *Pseudomonas*), Enterobacteriaceae (مثل *Serratia*, *Cloaca*, *Aerobacter*) التى تتواجد فى التربة وأيضاً تتواجد فى القناة الهضمية لمفصليات الأرجل. يمكن أن تصبح هذه البكتيريا

ممرضة، بصفة خاصة عندما تشترك مع الممرضات الأخرى، أو عندما يكون العائل تحت ضغط فسيولوجى. يمكن أن تصيب بعض من هذه الكائنات الثدييات ولذا فإنها، فى معظم الحالات، لا تستخدم تجارياً كعناصر للمكافحة البيولوجية ضد الآفات، باستثناء الممرض *Serratia entomophila* الذى يباع تجارياً لمكافحة الجعل *Costelytra zealandica*. أما المجموعة الثانية فهى الأنواع المكونة للجراثيم Spore-forming وتوجد فى عائلات Bacillaceae والتى لاقت اهتماماً لعديد من أنواعها مثل أنواع جنس *Bacillus* الذى يتضمن *B. Popilliae*، *B. sphaericus*، *B. thuringienesis*.

البكتريا *B. popilliae* وغيرها من الأنواع القريبة ممرضات ليرقات الجعال وهى ذات أهمية كعناصر فاعلة ضد آفات المراعى والأراضى المنزرعة، مثل الخنفساء اليابانية *Popillia japonica*. توصف الإصابة بهذا الممرض بالمرض اللبنى Milky disease بسبب اللون اللبنى لدم العوائل المصابة. لاينتج الممرض *B. popilliae* جراثيماً بغزارة (وهو الطور المستعمل فى توليفات المبيد) خارج العائل in vitro وقد أدت الحاجة إلى عوائل حشرية حية لإنتاج الجراثيم أن أصبح إنتاج هذا الممرض مكلفاً ومحدوداً فى استعماله التجارى. من الصعب عزل البكتيريا *B. popilliae* عن أنواعها القريبة منها ويعتمد التمييز النوعى على مورفولوجيا الخلية المتجرثمة sporulated cell وعلى المدى العوائلى.

تتواجد البكتيريا *B. sphaericus* فى سلالات عديدة، البعض منها ممرض للحشرات. عزلت السلالة الممرضة فى عديد من الدول وهو قابل للإنتاج التجارى بسبب إمكانية إنتاجه عن طريق التخمر fermentation. يرجع نشاطه السمى إلى التوكسينات البللورية المرتبطة بجدار الخلية والتى تنطلق عند الهضم بعد إبتلاع العائل الحشرى لجراثيم البكتيريا. المدى العوائلى لهذه البكتريا ضيق جداً ويظهر أنه محدود للغاية فى بعض أجناس البعوض.

لكل من هذين النوعين السابقين قدرة كبيرة على الانتشار الأفقى وبالتالى لهما القدرة على إحداث دورات مستمرة من المرض فى إصابة تعدادات مفصليات الأرجل لعدة سنين.

البكتيريا *B. thuringiensis* هى أكثر الأنواع تسويقاً كممرض لمفصليات الأرجل. تصيب معظم سلالات هذا النوع حرشفيات الأجنحة وقد أستعمل لخفض تعدادات عدد من آفات الفاكهة والخضر والغابات، وحديثاً هناك سلالات تصيب حشرات رتب أخرى وبذا إتسع مجال المستهدفات لمنتجات هذا الممرض. تكون السلالة israelensis فاعلة ضد يرقات ذات الجناحين متضمنة البعوض والذباب الأسود وغيرها. أما سلالة tenebrionis فقد وجد أنها ذات فاعلية ضد

حشرات غمدية الأجنحة من عائلة Chrysomelidae وقد أمكن إنتاجها تجارياً لمكافحة خنفساء الكلورادو *Lepinotarsa decemlineata* وغيرها من الأنواع. بعض سلالات *B. thuringiensis* تكون فاعلة ضد الكائنات غير مفصلية الأرجل مثل النيماتودا الطفيلية على النباتات والقواقع.

تتميز البكتيريا *B. thuringiensis* عن باقي الأنواع الأخرى بالمميزات الأتية:

- سمية عالية لتوكسينها البللورى (دلتا إندوتوكسين) ليرقات البعوض والذباب الأسود.
- درجة عالية من الأمان للكائنات المائية غير المستهدفة.
- متخصصة فى مكافحة آفات حشرية معينة.
- يسهل إنتاجها بالتخمر fermentation ولا توجد مشاكل لتخزينها.
- تنمو بسرعة على البيئات الصناعية وتشكل البللورات البروتينية أثناء التجرثم.
- يحدث الموت ليرقات البعوض ليس بسبب نمو الجراثيم ولكن بالتأثير المباشر للتوكسين البللورى ولذا فإن هذه السلالة أفضل من غيرها لمكافحة يرقات البعوض.
- يحدث الموت للعوائل التى تبتلع خلايا هذه البكتيريا من تأثير مشترك للتسمم بواسطة التوكسينات وتضاعف النمو البكتيرى. معظم المنتجات التجارية للبكتيريا *B thuringiensis.* تحتوى على الجراثيم الحية، لكن البعض لا يحتوى عليها مثل مستحضر أقراص توكسين هذه البكتيريا.

أمكن بإستعمال الهندسة الوراثية توسيع المدى العوائلى لسلالة البكتريا *B. thuringiensis* عن طريق دمج الجينات المسئولة عن التوكسينات وبذا أمكن لسلالة واحدة من البكتريا مهاجمة حشرات من رتبة ذات الجناحين وغمدية الأجنحة وحرشفية الأجنحة، بعد أن كانت السلالة kurstaki متخصصة ضد حرشفية الأجنحة، والسلالة israelensis ضد حشرات ذات الجناحين، والسلالة tenerbrionis ضد حشرات غمدية الأجنحة. أيضاً يمكن الحقن فى نباتات المحاصيل لتجعله قادراً على إنتاج توكسينات بالمستوى الكافى لحمايته من الآفة فيما يعرف بالنباتات المعدلة وراثياً genetic modified plants. يحدث فى بعض الأنواع من الحشرات، عند تعرضها لتكرار المعاملة بمستحضر البكتيريا *B. thuringiensis* أن ينشأ تعدادات منها مقاومة لتوكسينات البكتيريا. عند إستعمال الهندسة الوراثية لتحسين خواص الممرضات، لا بد من إختبار وتسجيل المنتج الجديد لتحديد مخاطرها على الإنسان والبيئة، مع دراسة ثبات Persistence هذه المركبات أيضاً وإنتشارها والمدى العوائلي. يتفاوت الثبات من أيام قليلة على أسطح النباتات التي تتعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى سنين في التربة.

تكمن مخاطر إستعمال الهندسة الوراثية فى:

١- يمكن أن يؤدى خلط جينات من أنواع مختلفة أو أجناس مختلفة إلى خصائص غير مرئية فى الكائن المشكل.

٢- يمكن أن تصبح الكائنات المشكلة آفات.

٣- يمكن أن يتداخل الكائن المشكل مع الأنواع الأخرى بطرق تؤدى إلى إنتقال المادة الوراثية للجين إلى الأنواع الأخرى بتبعات غير معروفة.

تعتبر البكتيريا *B. thuringiensis* من أنواع الممرضات البكتيرية التى لا تحدث أوبئة بدرجة معنوية فى الطبيعة بسبب إنتاجها القليل من الجراثيم والإنتشار غير المؤثر لها مما دعى البعض إلى الاعتقاد أن هذا النوع ربما كان فى الأصل رميا فى الطبيعة وعرضيا فقط كممرض حشرى. وغير ذلك فإن هذا النوع، كما سبق ذكره، له أهمية فى المكافحة البيولوجية كعنصر بيولوجى يمكن إكثاره. يتطلب الموت بواسطة هذه البكتيريا الأندوتوكسين (endotoxin) حتى تتمكن البكتيريا من الوصول إلى تجويف الدم.

مدى الآمان عند تناول البكتيريا الممرضة للحشرات:

١- تكون سلالات البكتيريا *Bacillus thuringiensis* التى تنتج بيتا إندوتوكسين Beta endotoxin ممرضة للفئران والطيور.

٢- سجل حالتين فقط لعدوى *B. thuringiensis* فى الإنسان، واحدة فى الإصبع (تسببت من حقنة لعامل يتعامل مع مزارع الBT) والأخرى فى العين. فى كلا الحالتين لم تكن الإصابة شديدة الخطورة وإستجابت للمضادات الحيوية. فى حالة إصابة العين، ربما كان هناك عنصر آخر ممرض غير معروف هو المسئول عن العدوى الفعلية. يمكن قبول هذا الإفتراض حيث إعتمد الفحص فقط على وجود البكتيريا فى العين وليس على تعريف العدوى. بقاء البكتيريا لعدد قليل من الأسابيع فى أنسجة معرضة أمر معروف.

٣- ترتبط بكتيريا *B. thuringiensis* مع البكتيريا *B. cerceus* فى مصادر مياه الشرب. تسبب السلالة الأخيرة تسمم غذائى للإنسان.

٤- ليس للنوع *B. thuringiensis* أو *B. sphericus* تأثير على النحل تحت الظروف الطبيعية.

٥- تموت ديدان الحرير والأطوار غير الكاملة للطفيليات داخل عوائلها لو عرضت للبكتريا *B. thuringiensis* مما أدى فى بعض البلاد مثل الهند إلى إستخدام بعض السلالات غير المؤثرة على حشرات حرشفية الأجنحة.

٦- إذا إستخدمت السلالة *B. thuringiensis* var. *israelensis* فى المياه تظهر بعض التأثيرات الخفيفة على اللافقاريات غير المستهدفة بإستثناء حشرات عائلة الهاموش Chironomidae وعائلة Dixidae التى تتأثر بدرجة متوسطة.

الممرضات الفيروسية Viral pathogens

الفيروسات كائنات غير خلوية لها صفات الكائن الحى. وهى طفيليات إجبارية فى الخلايا الحية ولذا فإن إنتاج الفيروسات يتم فقط فى العوائل الحية أو زراعات الخلية cell cultures. يتكون جزىء الفيروس من الجينوم genome (إما الحمض النووى deoxyribonucleic acid (DNA) أو الحمض النووى (RNA) ribonucleic acid) مغلف فى غلاف بروتينى حام له يعرف بالكابسيد (Capsid) وتغليفات أخرى فى طبقات إضافية تعرف بالأغلفة envelopes. يطلق على الكابسيد + DNA أو RNA الكبسولة الفيروسية nucleocapsid أو الفيريون Virion. يمكن أن تكون الفيريونات مطمورة (فى بعض أنواع الفيروسات) فى مادة بروتينية حامية يطلق عليها الأجسام الحاوية occlusion bodies. يتضاعف replicate الفيروس داخل خلايا العائل مستغلاً البروتين والمواد الأخرى فى خلاياه. من بعض الصفات الهامة فى بيولوجيا الفيروسات، ذات الأهمية فى مجال المكافحة البيولوجية، هى حساسية الفيروسات للعوامل غير الحيوية abiotic factors مثل الأشعة فوق البنفسجية والحرارات العالية.

تقل الحساسية للعوامل غير الحيوية فى عائلات الفيروسات Entomopoxviridae, Baculoviridae, و Reoviridae بالغلاف البروتينى (الأجسام الحاوية) (Occlusion bodies) protein matrix الذى يحيط ويحمى الفيريون. وتزيد هذه الأجسام المحتواه occlusion bodies من ثبات stability الفيريون وبقائه persistence أثناء الفترات المتواجد فيها خارج العائل. لا تتعرض الفيروسات الأخرى مثل فيروسات عائلة Rhabdoviridae لمثل هذه العوامل غير الحيوية بسبب أنها مرتبطة تماماً بالعائل طوال الوقت متنقلة رأسياً Transmitted vertically بين أجيال العائل.

بإستثناء الحالات الخاصة التي ينتقل فيها الفيروس عن طريق المبيض (النقل المبيضي transovarial transmission)، يكون الفم غالباً هو المدخل الرئيسى لفيروسات عائلة Baculoviridae إلى العائل عند إلتهام غذاء ملوث. تذيب درجة تركيز الأيون الأيدروجينى pH العالية فى القناة الهضمية للحشرة الأجسام الحاوية البروتينية محررة للفيريونات virions. تندمج merge أغلفة الفيريون Virion envelops مع أغشية الخلايا cell membrane الهدبية microvilli

للقناة الهضمية وتدخل الكبسولات الفيروسية nucleocapsids خلايا العائل. وبالتالى فإن الفيريون المغلف enveloped ينطمر envaginated فى فراغ من غشاء الخلية وأخيراً يتحرر فى الخلية بعد أن تذيب الأنزيمات الفراغ وغلاف الفيرون. يطلق على هذه العملية إسم Viroplexis.

تعتبر عائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae من أكثر العائلات الفيروسية كعناصر فاعلة فى المكافحة البيولوجية. تتضمن هذه العائلة الفيروسات النووية البوليهيدرية من الفيروسات الحبيسة (المغلفة) oculated viruses. فى حالات عديدة، أستعملت فيروسات هذه العائلة فى محاولات لخفض تعدادات الآفات. شملت هذه الحالات إستيراد للفيروس تبعه إستقرار له، وأيضاً إستعمال كمى له.

فى معظم حرشفيات الأجنحة، يصيب الفيروس النووى البوليهيدرى NPV عديد من أنسجة الحشرة (مثل الجسم الدهنى، خلايا جدار الجسم، القصبات الهوائية، خلايا الدم)، بينما فى حشرات عائلة الدبابير المنشارية Symphyta من غشائية الأجنحة، فإنه يصيب فقط خلايا القناة الهضمية الوسطية. تؤثر هذه الاختلافات بشدة على عدد وحدات الفيرونات الناتجة من عائل مصاب، مؤثرة بذلك في كل من الإنتاج التجاري للفيروس، وديناميكية إنتقاله أفقياً في الطبيعة.

تفقد يرقات مفصليات الأرجل (مثل معظم يرقات حرشفيات الأجنحة) المصابة بالفيروسات NPV (من عائلة Baculoviridae) شهيتها، لكن تستمر فى التغذية بمعدلات منخفضة حتى قبل وفاتها بأيام قليلة، والذى يمكن أن يحدث فى خلال ٥- ٢١ يوماً من الإصابة. قبل الموت، تتحرك بعض الأنواع من اليرقات المصابة إلى مواضع مرتفعة فى النبات للتعلق بأرجلها البطنية الخلفية (شكل ٦:٢).

شكل (٦:٢) يوضح مراحل مختلفة ليرقات حرشفية الأجنحة مصابة بفيروس NPV موضحاً تعلقها بأرجلها البطنية الخلفية.

يسهل هذا السلوك الإنتشار الأفقى للفيروس من خلال تلوث الغذاء. غالباً ما تصبح الأفراد الميتة هشة flaccid وينشق الجلد محرراً في الطبيعة كل الأجسام الحاوية occlusion bodies المحتوية على الفيرونات. ويكمل إلتهام الأوراق الملوثة بوحدات الفيروس بواسطة العوائل الجديدة دورة إنتقال الفيروس، مؤدياً بذلك عادة إلى الوبائية. أما يرقات حرشفيات الأجنحة المصابة بالفيروس البوليهيدرى السيتوبلازمى CPV فهى عادة ما يتأخر نموها. وبتقدم المرض يمكن رؤية القناة الهضمية الوسطية من خلال جدار الجسم كمساحة صفراء فاتحة أو مبيضة. فى المراحل الأخيرة تمر وحدات الفيروس مع البراز، أو يتم تقيؤها بواسطة الحشرة. وعادة لا ينشق جدار جسم اليرقات المريضة على عكس الحال فى حالة الإصابة بالفيروس NPV. تميل بعض الإناث عند إصابتها بالفيروس إلى وضع البيض فردياً، وهذا يساعد على وجود بقع كثيرة لإنتشار المرض أكثر من الإناث التي تضع البيض في مجموعات.

يتحول لون يرقات الدبابير المنشارية Sawflies المصابة بفيروس NPV إلى اللون الأصفر الفاتح (وخصوصاً على الحلقات البطنية ٣-٥)، وتفقد شهيتها وتصبح غير نشطة. ويخرج غالباً من فتحة الشرج سائلاً بنياً أو لبنياً. أما يرقات حشرة *Tipula paludosa* المصابة بفيروس NPV فتصبح أفتح لوناً كلما تقدم المرض، وأخيراً تتحول إلى اللون الطباشيرى الأبيض.

أما الأعراض المرتبطة بالفيروس الحبيبى GV فهى تتفاوت من نوع إلى آخر. وعادة ما تكون العلامات الأولى هو تحول اللون إلى اللون الفاتح، يتبع بفقد الشهية. وقد يتبقع الجلد وغالباً ما يصبح السطح السفلى أبيض فاتح أو أصفر لبنى بسبب إصابة الجسم الدهنى. وعند تحلل أنسجة اليرقة المصابة، ينطلق عدد كبير من كبسولات الفيروس ويصبح سائل الدم عكراً ولبنياً. فى بعض الأنواع، يمكن أن يوجد إماعة liquification للأنسجة الداخلية بعد الموت. وعندما تصاب الخلايا الطلائية لجدار الجسم يصبح جدار الجسم هشاً متشابهاً فى ذلك مع أعراض الإصابة بالفيروس NPV، إلا أنه فى حالة عدم إصابة خلايا جدار الجسم يبقى جدار الجسم سليماً إلى حد ما.

اليرقات المصابة بالفيروسات القزحية iridoviruses غالباً ما يمكن التعرف عليها بلون أنسجتها البنى أو الأخضر أو الأزرق التى تعكس أطيافاً جميلة كقوس قزح.

أما أعراض الإصابة بالفيروسات الحرة غير الحبيسة (غير المغلفة) non-occulted فيظهر أنها خاصة بعوائلها ونوع المرض. فعلى سبيل المثال، يكون العرض الوحيد فى حشرات الدروسوفلا المصابة بالفيروس "سيجما" sigma virus هو أنه يترك الذبابة حساسة لثانى أكسيد

الكربون. هذا المرض ينتقل وراثياً عن طريق الجاميطات Gametes ولا يخضع لقوانين مندل الإنعزالية Mendelian segregation. أما نحل العسل المصاب بفيروس الشلل المزمن والحاد فتظهر أعراض الارتجاف وفقد التوازن. أما يرقات نحل العسل التى تموت بفيروس تكيس الحضنة sacbrood virus فإنها تتمدد على طول أرضية الخلية مع اسوداد الرأس دون بقية الجسم. يحدث الإنتقال فى حالة فيروس الخنفساء *Orycetes rhinoceros* (وهو من النوع الحر غير الحبيس non-occulted virus) بالتلامس مع براز ملوث بالفيروسات من حشرات خنافس مصابة والتي يمكنها أن تعيش لمدة ٣٠ يوماً. تعمل أيضاً تغذية الحشرات الكاملة وتبرزها فى مواقع تستعمل لوضع البيض ونمو اليرقات على الإنتشار الأفقى لهذا الفيروس.

من العائلات المهمة أيضاً كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلة Polydnaviridae والتى ترتبط فى علاقة تبادلية mutualistic association مع طفيليات من فوق عائلة الدبابير المتطفلة Ichneumonoidea. يتضاعف هذا الفيروس فى الخلايا الطلائية فقط لكأس مبيض عوائلها من الدبابير، ولا تسبب له أى حالات مرضية ملحوظة. تحقن هذه الفيروسات فى عوائل هذا الدبور من حرشفيات الأجنحة أثناء وضع البيض فيها. وتعتبر هذه الفيروسات هامة لنجاح التطفل بسبب إنها تساعد فى تقليل الاستجابة الدفاعية للعائل عن طريق خفض عمل جهازه المناعى.

تصيب معظم الفيروسات الأطوار اليرقية، لكن قد تصاب الحشرة الكاملة مثل مرض الشلل الحاد فى نحل العسل. هذا ولا تنتقل الفيروسات عن طريق المبيض (النقل المبيضى) transovarial transmission، لكن يمكن عن طريق تلوث السطح الخارجى للبيضة (النقل البيضى) transovum transmission.

الممرضات الفطرية Fungal pathogens

من الناحية المورفولوجية، تكون الفطريات وحيدة الخلايا (مثل الخمائر) أو خيوط متفرعة (هيفات) تشكل فى مجموعها الميسليم mycelium. تتكون الهيفات من حلقات segments وحيدة النواة أو متعددة النوايا دون وجود جدر عرضية تفصلها. تتكاثر الفطريات جنسياً أو لا جنسيا أو كليهما. يشمل التكاثر الجنسى اتحاد ما بين تركيبين structures، يمكن أن تكونا جاميطات gametes متحركة، أو إحداها متحرك والأخرى ثابتة، أو هيفاتان مختلفتين جنسياً أو إثنتين غير مختلفتين.

الفطريات إما أن تكون متشابهة الثالوث (يكون عضو التذكير وعضو التأنيث من ميسليم واحد) homothalic أو متباينة الثالوث (يكون عضو التذكير على ميسليم وعضو التأنيث على ميسليم آخر) heterothalic، ذات جسم فطرى واحد ينتج كلا الجنسين فى الحالة الأولى وجنس واحد فقط فى الحالة الثانية. تأخذ الأطوار المعدية فى الفطريات أنماط محددة مختلفة متضمنة الجراثيم spores، والكونيديات conidia، والجراثيم الزيجية zoospores، والجزيئات المعدية وحيد النواة planonts، والجراثيم الأسكية (الزقية) ascospores. يتشابه معظمها (بإستثناء الجراثيم الزيجية للفطريات المائية) وظيفياً فى طريقة تلامسها ودخولها إلى جسم العائل.

تحدث العدوى بالفطريات غالباً من خلال جلد العائل، إذ قليلاً ما تحدث من خلال الفتحات الطبيعية له. نادراً ما يحدث إنتقال العدوى عن طريق النقل المبيضي transovarial. وعلى العكس من الممرضات البكتيرية والفيروسية، لا تغزو معظم الفطريات العائل من خلال القناة الهضمية بعد ابتلاعها. غالباً ما تتعرض مفصليات الأرجل التى تتغذى بامتصاص عصارة النبات مثل المن للإصابة الفطرية (من خلال الجلد) لكن بالقياس لا تصاب بالإصابات البكتيرية أو الفيروسية. تكون بعض الفطريات متخصصة على عائل معين أو طور معين، بينما البعض الأخر مثل فطر *Metarrhizium anisopliae* , *Beauveria bassiana* يكون ذا مدى عوائلى واسع. فى بعض الحالات يكون الفطر مركزاً فى أعضاء خاصة من العائل مثل الفطر *Massospora cicadina* والفطر *Strongwellsea castrans* اللذان يتواجدان فقط فى بطون الحشرات الكاملة العائله له.

تبدأ العدوى بالفطر بالتلامس بين عوائل حساسة والوحدات الممرضة (مثل الجراثيم أو الكونيديات). تكون الجراثيم الزيجية zoospores لبعض أنواع الفطريات المائية مثل *Lagenidium* spp. قادرة على الحركة بواسطة الأهداب flagellae، وتكون قادرة أيضاً على تتبع المنبهات الكيميائية chemical cues من عوائلها وتتوجه إليها بنشاط. على العكس من ذلك فإن جراثيم معظم الفطريات الأرضية تفقد القدرة على الحركة وتتلامس مع عوائلها بالصدفة البحتة عن طريق حركة الرياح أو أى قوى أخرى.

يعقب التلامس مع العائل، الخطوة الأولى فى العدوى بالفطر وهى الإلتصاق adhesive وإنبات الجراثيم germination على جلد العائل. تسهم الخصائص الفسيولوجية والكيميائية لجلد العائل فى التخصص النوعى للممرضات الفطرية من خلال تأثيرها على نجاح التصاق وإنبات الجراثيم. تتأثر درجة إلتصاق جراثيم الفطر بوجود مواد مخاطية وتركيبات فسيولوجية مثل

عضو الالتصاق (appressoria). ينتهى إحتراق جلد العائل بدخول ميكانيكى للهيفا (أنبوبة الإنبات).

يتضمن إختراق جلد العائل ضغط طبيعى من الهيفا المخترقة وتحلل لمكونات جدار الجسم بواسطة إنزيمات محللة للبروتين وغيرها من الإنزيمات. يعمل الجدار الصلب كعازل كبير لإختراق الفطر على عكس جدار الجسم الحديث الذى يتبع الإنسلاخ ولهذا السبب تكون الحشرة أكثر قابلية للغزو الفطرى بعد الإنسلاخ. يمكن أن ترجع الإختلافات فى إحداث الإصابة بالسلالات الفطرية إلى التفاوت فى مستويات الإنزيمات المحللة للكيتين (chitin). تظهر العذارى المتقدمة في العمر من حشرات حرشفيات الأجنحة مقاومة للإصابة بالفطر *Beauvaria* والفطر *Aspirgillus*، ويمكن أن يرجع السبب في ذلك إلى طبقة الكيوتيكل السطحية الشمعية المشبعة بالأحماض الدهنية caprylic acids، caprolic التي تعمل كعناصر مضادة للفطر. لوحظ الغزو الفطرى من خلال القناة الهضمية (تجويف الفم، البلعوم، القناة الهضمية) فى بعض الحالات.

بعض أنواع الفطريات مثل فطريات تحت قسم Deuteromycotina بمجرد دخولها تجويف الدم تتكاثر بسرعة وبصفة عامة تقتل العائل. يحدث النمو الفطرى من خلال تراكيب متنوعة تتضمن أجسام الهيفات خميرية الشكل yeast-like hyphal bodies أو خيوط الهيفات hyphal strands أو البروتوبلاست عديمة الجدرwall- less protoplasts. تساعد البروتوبلاست الفطر فى التغلب على دفاع العائل إذ لا يمكن التعرف عليها بواسطة الجهاز الدفاعى له. تنمو تلك الخلايا خميرية الشكل سريعاً وتنتج توكسينات تساعد فى الإقلال من ردود الفعل المناعية للعائل. بعد موت العائل، تكون النموات الأخرى للفطر رمية وتؤدى هذه النموات إلى نمو الميسليم mycelium الذى يشكل الأجسام الحجرية sclerotia (تركيب قوى للإستقرار a durable resting structure) منه تنتج الجراثيم الجنسية فيما بعد). بالإضافة إلى هذا، فى عديد من المجاميع تخرج هيفات غير جنسية من الجيفة Cadaver، وتحت ظروف الرطوبة المناسبة تنتج جراثيم غير جنسية. تنتشر هذه الجراثيم وتكون غالباً ذات أهمية فى الإنتشار الأفقى لعوائل جديدة مؤدياً بذلك إلى حدوث الوباء بين جمهور الآفة. يمكن أن يحدث إنتشار مثل تلك الجراثيم فى بعض الحالات من خلال حركة الحشرات لكن غالباً تتم عن طريق الرياح أو المياه.

من أهم الخصائص المميزة للعدوى الفطرية هى وجود الميسليم داخل أو خارج الحشرة المصابة. فى الأطوار الأولى من الإصابة تظهر الحشرة حالات الضعف العام مثل التوقف عن التغذية، الهزال وعدم التركيز فى التوجه orientation. غالباً ما يتغير اللون وغالباً ما يظهر

الكيوتيكل بقعاً سوداء هى أماكن اختراق الهيفات. ثم يصبح الفرد المتطفل عليه هاجعاً moribund، ثم بعد الموت مباشرة يملأ أو يغطى بالهيفات المتجرثمة. يمكن أن تعطى كثير من صفات العدوى دلائل على تعريف الفطر. فالحشرة التى تغطى بجراثيم بيضاء مسحوقية powdery يتوقع إنها مصابة بفطر *Beauvaria bassiana*، وتلك المغطاة بجراثيم خضراء تكون الإصابة بفطر الميتاريزيم *Metarrhizium anisopliae*، والمغطاة بجراثيم مخضرة من المحتمل إصابتها بفطر *Aspirgillus flavus*، والمغطاة بجراثيم مصفرة تكون مصابة بالفطر *Paecilomyces farinosis*. قد لا تظهر سلالات معينة من الأنواع الفطرية السابقة هذه الألوان المميزة. بالإضافة إلى اللون فإن وضع الحشرة أثناء الموت يمكن أن يكون مميزاً (فيما لو أن العائل ملتصقاً fixed بالسطح كما فى حالة الذباب والجراد المصاب بفطر *Entomophthora* أو مسترخياً relaxed على الأرض). يمكن أن يكون أيضاً قوام الحشرة المصابة من العلامات المميزة (فيما لو كان متصلباً أو مفرغاً hollow أو متجبناً cheese- like).

تقع درجة الحرارة المثلى المحببة للعدوى الفطرية بين ٢٠-٣٠°م. وغالباً ما تكون درجة الرطوبة العالية (٩٠%) مطلوبة لإنبات الجراثيم وإنتاج الجراثيم خارج العائل. يكون تواجد طبقة رقيقة من الماء الحر ضرورية لإنبات الكونيديات لبعض الأنواع التابعة لتحت قسم Deuteromycotina، لكنها غير محببة لمعظم الأنواع التابعة لمجموعة Entomophthorales. درجات الرطوبة الأقل، والظلام والإهتزاز vibration قد تكون ضرورية لتحرر الجراثيم فى بعض المجاميع مثل الفطر من أجناس *Beauveria* , *Metarrhizium*.

كما هو الحال فى عديد من الممرضات، تتركز المجهودات التى تبذل لإنتاج الفطريات الممرضة فى إنتاج الجراثيم من مختلف الأنماط. تحت ظروف معينة، تنتج الجراثيم الكونيدية (أو غيرها من الأنماط) بأعداد كبيرة، فتسهل من إنتشار العدوى أفقياً فى وقت قصير مؤدية غالباً إلى حدوث الوباء. تحت الظروف الأقل مناسبة ينتج جراثيم مستقرة ذات جدار أسمك تكون أكثر مقاومة للظروف البيئية المعاكسة. تساعد هذه الجراثيم المرض على البقاء لفترات طويلة تحت الظروف غير المناسبة، أو عندما تكون العوائل المناسبة غير متاحة.

تؤثر بيولوجيا الفطريات بشدة أيضاً على الدرجة التى عندها يمكن إستعمال أى مجموعة منها فى مكافحة الآفة من خلال الإكثار (معتمداً على الإنتاج التجارى للوحدات الممرضة). بعض الفطريات يمكن أن تنمو وتتجرثم على بيئات غير حية. بعض المجاميع الأخرى مثل عديد من الأنواع التابعة لمجموعة Entamophthorales تحتاج لعوائل حية لتكمل دورة حياتها ولذلك تكون غير مناسبة للإنتاج التجارى.

تقع معظم الفطريات التى تهاجم الحشرات فى عائلة Entomophthoraceae داخل تحت قسم الفطريات الزيجية Zygomycotina أو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina (الأنواع المعروفة منها من الصور الخضرية asexual forms). تحدث الوبائيات الفطرية على فترات ويمكن أن تسبب نسبة عالية من موت تعدادات مفصليات الأرجل المصابة. أستورد الفطر *Zoophthora radicans* من إسرائيل إلى استراليا لبساعد فى خفض تعدادات المن *Therioaphis trifolii*. حتى الآن فإن المبيدات الفطرية ما زالت محدودة بدرجة كبيرة بسبب ضيق تخصصها العائلى ومتطلباتها من الرطوبة العالية للإنبات والتجرثم. تظهر فاعلية المبيدات الفطرية على أحسن ما يكون فى البيئات ذات الرطوبة النسبية العالية، أو فى المواقع الرطبة كالتربة. على كل فهناك طرائق جديدة كإستعمال الزيوت النباتية بدلاً من المياه فى رش محاليلها لتحسين الظروف التى يمكن أن تعمل فيها الفطريات بنجاح.

تتميز مسببات الأمراض الفطرية، عن غيرها من مسببات الأمراض بالآتى:

- *– تعدد أنواعها والعوائل التى تصيبها.
- *– قدرتها على تكوين جراثيم تقاوم الظروف غير المناسبة.
- *– على عكس غيرها من الممرضات، فإن جراثيمها تنتشر على مدى واسع فى الهواء.
- *– تدخل إلى العائل عن طريق جدار الجسم فهى تهاجم أطوار الحشرة ومجاميع الحشرات التى عادة لا تصاب بالممرضات الأخرى. على سبيل المثال فهى تخترق البيضة، والعذارى، وكوامل الحشرات، والأطوار التى عادة ما تهرب من الإختراق بواسطة الممرضات الأخرى، كما أنها تصيب الحشرات الماصة للعصارة التى تحميها عاداتها الغذائية من مهاجمة الممرضات الأخرى مثل المن والبق الدقيقى والحشرات القشرية.

مدى الأمان عند تناول الممرضات الفطرية:

سجل أن جراثيم فطر *Beauvaria bassiana* سببت حساسية جلد أكثر منها حساسية للجهاز التنفسي في الولايات المتحدة، كما سببت حساسية أنف في الصين.

الممرضات البروتوزوية (الأولية) Protozoan pathogens

البرتوزوا كائنات دقيقة وحيدة الخلية تتواجد فى معظم البيئات ما عدا، ربما الهواء. تتفاوت كثيراً فى شكلها ولونها وصفاتها المورفولوجية. يتواجد بها التكاثر الجنسى واللاجنسى. يرتبط

عدد منها بالحشرات ويتراوح هذا الارتباط من إرتباط للإنتقال phoresy إلى تطفل إجبارى وغالباً مع إضعاف العائل أو إماتته كنتيجة نهائية.

بعض أنواع البرتوزوا المعاشرة المتواجدة فى التنوات الهضمية للحشرات (مثل النمل الأبيض وصراصير الخشب wood cockroaches) تكون هامة لحياة هذه الحشرات، والبعض الآخر، والذى يظهر أنه لا يؤذى الحشرات الحاملة له، تسبب أمراضاً خطيرة للإنسان والحيوانات الأليفة.

يمكن أن تصيب أيضاً بعض المجاميع من البروتوزوا الممرضة للحشرات غيرها من اللافقاريات وحتى الفقاريات أيضاً، ولهذا السبب علت صيحة الحذر عند إستعمال البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. لكن يظهر أن البعض الآخر يكون أكثر تخصصاً وقد أستعمل فعلاً كعناصر للمكافحة البيولوجية فى عديد من الحالات. أختبرت أنواع من البروتوزوا *Nosema* كعناصر بيولوجية فاعلة ضد الجراد وآفات الذرة. قد يحدث أحياناً، أن الممرضات البروتوزوية يمكن أن تهاجم الطفيليات التى تتواجد فى الموطن الأصلى للآفة. فعلى سبيل المثال تصيب البروتوزا *Matessia grandis*، علاوة على إصابتها لسوسة اللوز عائلها *Anthonomus grandis*، تصيب أيضاً الطفيل البراكونيدى لها. أيضاً وجد أن البروتوزوا *Nosema* التى عادة ما تصيب حشرة أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* تهاجم أيضاً النيماتودا من عائلة Neoaplectanidae التى تتطفل على العوائل من حرشفيات الأجنحة.

تبدأ العدوى بالبروتوزوا عادة عندما تبتلع الأطوار المعدية وتدخل إلى القناة الهضمية للعائل. يكون بعض الأنماط القليلة مثل الهدبيات Ciliates فى جنس *Lambornella* قادراً على الإلتصاق بجدار الجسم وإختراقه. وغالباً ما يكون الطور المعدى جرثومة أو حوصلة cyst، لكن يمكن أن تكون طور حى نشط. ويعتبر الإفتراس الذاتى من الوسائل الهامة لإنتشار المرض عرضياً horozontal transmission تماماً كإلتهام فرائس مريضة لأنواع أخرى (كما، على سبيل المثال، في إصابات الأوليات السوطية flagellata infection). تستقر معظم الأوليات المصاحبة للحشرات فى القناة الهضمية وتسبب بعض المجاميع مثل الهدبيات Ciliates، السوطيات Flagellates ومجموعة الجريجارين Gregarines أعراض مرضية طفيفة. تغزو بعض المجاميع الأخرى مثل الميكروسبوريديا *Microsporidia*، والـ apicomplexans تجويف الدم حيث تصبح عناصر ممرضة. تعتبر البروتوزوا *Microsporidia* هى أكثر مجموعات الممرضات البروتوزوية أهمية والتى تؤثر على الحشرات ويحدث وبائيات فيها فى الطبيعة، وكلها طفيليات إجبارية

وتتضاعف فقط فى الخلايا الحية. تختلف الأنسجة التى تصاب بالممرضات البروتوزوية، لكن يمكن أن تشمل الخلايا الطلائية للقناة الهضمية، وأنابيب ملبيجى أو الجسم الدهنى مع أنسجة أخرى.

بالإضافة إلى الدخول إلى العائل من خلال الإغتذاء، يمكن للبروتوزوا Microsporidia أن تدخل العوائل على آلة وضع بيض الطفيليات غشائية الأجنحة. تقلل العدوى بهذه البروتوزا من كفاءة تربية الحشرات للبحث العلمى أو الإنتاج الكمى للحشرة النافعة لإكثارها وإطلاقها. يمكن أن يحدث انتقال العدوى من الأم حاملة الميكروب لذريتها من خلال المبيض (النقل المبيضى) Tronsovairal فى مجموعات كبيرة من البروتوزوا، وبصفة خاصة البروتوزا Microsporidia.

تكون معظم العدوى بالبروتوزوا مزمنة chronic، وتتواجد لفترات طويلة لكن لا تقتل عوائلها. غالباً ما تظهر العوائل المصابة علامات ظاهرة طفيفة أو قد لا تظهر أى علامات أو شواهد للإصابة. لم تكتشف توكسينات في الممرضات البروتوزوية. تتشابه معظم الأعراض مع غيرها من الممرضات وتتضمن صغر الحجم، وتشوهات مورفولوجية، وخمول، وصعوبة فى الإنسلاخ، وفقد شهيه ونقص الوزن و إفراز براز أبيض اللون. غالباً ما تظهر العوائل ذات جدار الجسم الشفاف مساحات منتفخة أو بيضاء غامقة على سطحها، بينما البعض الآخر يتواجد بها بقع سوداء على الجلد. فى حالات عديدة يكون الموت أو التدهور هو أولى دلائل الإصابة بالبروتوزوا، ولكن يجب التأكد من ذلك بالفحص الميكروسكوبى.

الممرضات الريكتسية Richettsial pathogens

الريكتسيا المرتبطة بالحشرات إما أن تكون داخل الخلايا intracellular، أو سطحية على الخلية epicellular (تعيش على سطح الخلايا)، أو خارج الخلايا extracellular. يكون لها علاقات إما تبادلية mutualistic أو ممرضة pathogenic أو للإنتقال phoretic مع العوائل. فعلى سبيل المثال تنمو الريكتسيا *Rochalimaea quintana* المسببه لمرض الحمى trend fever فى الإنسان خارج الخلايا فى فراغ القناة الهضمية لقمل الإنسان *Pediculus humanus*. على الجانب الآخر، تكون الريكتسيا *Rickettsia prowazekil* المسبب المرضى لحمى التيفوس فى الإنسان ممرضة لحاملها قمل الإنسان *P. humanus*. تتواجد الريكتسيا *Symbiotes lectularis* التى تعتبر ضرورية لنمو وتناسل العائل فى ميسوتوم الصراصير. تكون الريكتسيا التابعة لجنس *Rickettsiella* ممرضة لعوائلها من الحشرات.

تتفاوت عوائل الريكتسيا من التريماتودات Trematodes إلى الإنسان، وبسبب اتساع مداها العائلى، يعتبر البعض كل الريكيتسا خطيرة بدرجة كبيرة للإنسان ويجب أن يتعامل معها بكل حذر. ما زال عدد الحشرات العائلة وحاملات vectors الريكتسيا قليلة إلى الآن، لكن معظم الحشرات تحمل هذه الكائنات فى مكان ما فى أجسامها.

تكون الأطوار المعدية للريكتسيا تراكيب دقيقة جداً تصل فى حجمها إلى حجم الكبسولات المغلفة للفيروس الحبيبى (٢، – ٦، ملليميكرون). معظم الريكتسيا شكلها عصوى rod-shaped أو كروي coccoid أو متعدد الشكل polymorphic. وتكون محاطة بجدار خلية نموذجى يحتوى على حمض muramic acid. لا تمتلك سوط flagella وتكون سالبة لصبغة جرام (بإستثناء واحد). تحتوى على ال RNA, DNA معاً وتمتلك نظام إنزيمى يمكن تثبيطه بالمضادات الحيوية والمركبات الكيماوية الدوائية. بإستثناء الأنواع القليلة التى تتضاعف خارج الخلية أو على سطحها، فإن الريكتسيا تتضاعف داخل خلايا عوائلها.

ينقسم صف الريكتسيا Rickettsias إلى رتبتين هما رتبة Rickettettsiales، Chlamydiales. تكون أفراد الرتبة الأولى هى المرتبطة بالحشرات.

تغزو الأطوار المعدية الممرضة للحشرات من الريكتسيا خلية العائل وتنمو إلى أطوار خضرية إنقسامية. هذا الانقسام يمكن أن يكون بانشطار ثنائي بسيط simple binary fission أو من خلال إنتاج خلايا ثانوية تنتج خلايا أصغر تنمو إلى الأطوار المعدية ذات الجدر السميكة.

يتواجد أنماط مورفولوجية عديدة من الخلايا أثناء نمو الريكتسيا. فهناك الصغيرة والأطوار المعدية الأنبوبية tuhular والخلايا الأكبر والأطوار الخضرية العصوية rod-shaped والخلايا المستديرة spherical. وغالباً ما يتواجد النوعين الآخيرين فى الفجوات vacules أو الحويصلات vesicles التى عادة ما تأوى الأجسام المغلفة شبه البللورية Crystal- like inclusion bodies.

تبدأ عدوى البراغيث أو القمل بالريكتسيا *Rickettsia prowazekii,* و *R. typhi* عندما تتغذى الحشرة على عائل مصاب من الفقاريات. وفى الحشرة، تتضاعف الريكتسيا فى سيتوبلازم الخلايا الطلائية للقناة الهضمية. وتُطرد dischaged الخلايا المصابة بشدة مع براز الحشرة وبهذا تعتبر مصدر من مصادر إصابة الفقاريات.

تبتلع الريكتسيا *Rochalimaea quintana* عادة بواسطة القمل كناقل للريكتسيا vector أثناء التغذية على إنسان مصاب. تنمو الريكتسيا على السطح الخارجى للخلايا الطلائية للقناة الهضمية

openkand.com

ويصبح براز القمل ملوثاً بشدة بخلايا الريكتسيا ويكون مصدراً لعدوى الإنسان عندما يتناثر على الجلد.

تكون أنواع جنس *Wolbachia* المرتبطة بالحشرات إما خارج الخلية أو داخلها، لكن لا تنمو داخل الميسوتوم ونادراً ما تكون ممرضةً لعوائلها. يمكن أن تهلك الريكتسيا *W. pipientis* خلايا الغدد التناسلية للبعوضة *Culex pipiens*، وأيضاً الخلايا الطلائية للقنوات الهضمية في حشرات أخرى. طريقة العدوى غير معروفة لكن من المتوقع حدوثها بالنقل المبيضى Transovarial فى البعوضة *C. pipiens*، والإغتذاء على غذاء ملوث فى الحشرات الأخرى.

فى المعاشرات الإجبارية الخلوية للأنواع التابعة لجنسى *Symbiotes*، *Blattabacterium* تنتقل الريكتسيا عبر مبايض العائل إلى الجنين. تتواجد أنواع جنس *Symbiotes* فى ميسوتوم بق الفراش (*Cimex* sp.)، بينما فى جنس *Blattabacterium* تتواجد فى الميسوتومات فى الجسم الدهنى فى البطن، والأنسجة الجنسية Germ tissues، ومبايض الصراصير.

فى حالة الريكتسيا *Rickettsiella popilliae* فإن طريقة العدوى تكون عن طريق الفم أو من الممكن خلال الجروح. يمكن أن تصاب يرقات الخنفساء اليابانية بالتغذية أو بتواجدها فى تربة ملوثة بالريكتسيا أو عن طريق الحقن injection وهو أسرع وسيلة للعدوى. وبمجرد دخول الكائن الحى إلى تجويف الدم، تنتشر العدوى من الجسم الدهنى إلى الدم وغيره من الأعضاء.

صفات الحشرات المصابة بالريكتسيا:

لا يظهر القمل المصاب بريكتسيا *Rickettsia prowazekii* أو *R. typhi* أى مظاهر مبدأية initial symptoms، لكن مع تقدم العدوى يتلف تماماً جدار القناة الهضمية، ويتحول القمل إلى اللون المحمر قبل ساعات قليلة من الموت نتيجة لدخول دم الإنسان المبتلع إلى داخل تجويف الدم. تصبح البراغيث المصابة بالريكتسيا *R. typhi* كسولة sluggish وتموت لكن لا تتحول إلى اللون الأحمر.

لا يحدث مظاهر خاصة فى الحشرات المصابة بالريكتسيا *Wolbachia pipientis* حيث أن تأثير هذا الكائن يكون طفيفاً جداً.

من أكثر الأعراض وضوحاً فى يرقات الحشرات المصابة بالريكتسيا *Rickettisella popilliae* هو التلوين المزرق فى خلايا الجسم الدهنى، وهذا ما يطلق عليه المرض الأزرق blue diseases.

تظهر يرقات الجعال *Melolontha* spp. المصابة تغيراً فى سلوكها، وبينما تتسبب درجات الحرارة المنخفضة إلى هروب اليرقات السليمة إلى عمق أكبر فى التربة، فإن اليرقات المصابة تصعد إلى السطح.

فى بعض الحشرات قد يصاحب الإصابة بالريكتسيا وجود أجسام بلورية محددة distinct crystalline bodies ليس من المعلوم مهمة تواجدها.

الممرضات النيماتودية Entomopathogenic nematodes

تقع الديدان الثعبانية التى تتخذ من الحشرات عائلاً أولياً لها، فى صفين رئيسين هما صف النيماتودا Nematoda، وصف النيماتومورفا Nematomorpha. هناك صف ثالث هو صف الأكنثوسيفالا Acanthocephala تتبعه بعض الديدان الثعبانية التى تمضى طورها اليرقى فى الحشرة العائل، بينما الطور الكامل تمضيه فى الثدييات. يحتوى صف النيماتودا على تسع عائلات تصيب ستة عشر رتبة من مفصليات الأرجل، ولها فاعليتها كعناصر للمكافحة البيولوجية وتتضمن أنواعاً تعمل كعوائل للنيماتودا. تشكل حشرات حرشفية الأجنحة ثلث هذه الأنواع المعروفة ويرجع هذا إلى العمل المكثف الذى قام به شولتز Schultz عام ١٩٠٠ على هذه المجموعة من الحشرات. تحتل حشرات غمدية الأجنحة المرتبة الثانية بعد حشرات حرشفيات الأجنحة إذ تشتمل هذه الرتبة أيضا على عدد كبير من العوائل، ثم يلى ذلك حشرات مستقيمة الأجنحة القافزة Orthoptera، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة وغيرها من الرتب.

تتشابة كل الديدان الثعبانية فى مظهرها الخارجى العام، فهى ذات أجسام متطاولة عادة اسطوانية الشكل. يغطى الجسم بكيوتيكل مطاط غير خلوى وغير منقسم. وعلى العكس من البكتيريا والفيروس والبروتوزوا. فالنيماتودا حيوانات عديدة الخلايا تمتلك جهاز إخراج نامى وأجهزة عصبية وهضمية وعضلية وتناسلية. ليس لها جهاز دورى أو تنفسى. تتكون القناة الهضمية من الفم وتجويف الفم والأمعاء الدقيقة والغليظة والمستقيم وفتحة الشرج. يعتمد تقسيم النيماتودا بدرجة كبيرة علي الصفات الجنسية لكواملها، وبالتالى فإن الأطوار غير الكاملة يكون من الصعب بل من المستحيل تعريفها.

والنيماتودا كائنات منتشرة فى كل البيئات تقريباً. يمكن أن تكون النيماتودا حرة المعيشة أو متطفلة على النباتات أو الحيوانات. وتتباين علاقة النيماتودا بالحشرات من المعاشرة للإنتقال phoresy إلى التطفل Parasitoidism. بعض النيماتودا مثل النوع *Beddingia siricidicola* لها دورات حياة معقدة إذ يمكنها أن تحيا فى دورات من المعيشة المتطفلة والحرة كما سيأتى بعد.

والعديد من النيماتودا لها دورات حياة بسيطة نسبياً بثلاث أطوار هى طور البيضة، وطور اليرقة (الحداثة) Juvenile، والطور اليافع. تضع إناث النيماتودا بيضها فى البيئة. وعادة ما ينسلخ العمر اليرقى الأول داخل البيضة ويخرج كعمر يرقى ثان. معظم النيماتودا تنسلخ ٤ مرات. فى عديد من المجاميع، يبقى العمر اليرقى الثالث مغلفاً enhanced داخل كيوكيتل العمر اليرقى الثانى مما يهئ له درجة عالية من المقاومة للظروف البيئية المعاكسة. يطلق على هذا العمر الثالث dauer juvenile، وكلمة dauer كلمة ألمانية تناظر كلمة durability. تحدث هذه الظاهرة ensheathment عندما لا يتوافر الغذاء أو تكون الظروف الجوية غير مناسبة للنمو. تقف اليرقة عن التغذية وتفرغ محتويات القناة الهضمية وتكون كيوتيكيل جديد ويصبح الجلد القديم سائباً لكى تبقى اليرقة داخل هذا الجلد. يمكن أن يحدث الانسلاخ إلى الطور اليافع إما داخل العائل أو حراً فى البيئة. تكون كل أطوار النيماتودا بإستثناء البيضة أطواراً متحركة. معظم النيماتودا لها أفراد ذكور وأفراد إناث والتزاوج مطلوب فيها إذ تضع الأنثى بيضاً مخصباً بعد تلقيحها.

عادة ما تحدث العدوى بالنيماتودا فى تجويف الدم، لكن فى بعض المجاميع مثل عائلتى Phaenopsitylenchidae (مثل *Beddingia*) و Lotonchiidae (مثل *Paraiolonchium*) يمكن أن تغزو النيماتودا الأعضاء الجنسية. يمكن أن تؤثر العدوى بالنيماتودا بشدة على العائل مسببة ضعف أو عقم castration أو موت. معظم النيماتودا المتطفلة الإجبارية متخصصة نسبياً وترتبط بواحد أو بمجموعة صغيرة من العوائل، وعلى العكس من ذلك فإن بعض المجاميع مثل heterorhabditids, steinernematids لها مدى عوائلي واسع تحت الظروف المعملية، لكن مثل هذا المدى العوائلى تحت الظروف المعملية لاشك أنه أوسع من المدى العوائلى الواقعى فى الطبيعة بسبب غياب العوامل الإيكولوجية فى مثل هذه الإختبارات التى تحد من تلامسات العائل مع الأنواع المتواجدة فى بيئة معينة. هناك بعض الأنواع من النيماتودا التى تكون متخصصة بما فيه الكفاية للإستعمال كعناصر مستوردة ضد الآفات الدخيلة. من أمثلة ذلك النيماتودا *Beddingia stricidicola* التى أستوردت إلى استراليا وكافحت بنجاح دبور الخشب الأوربي *Sirex noctilio*، والنيماتودا *Steinernema scapterisci* التى أستوردت إلى فلوريدا لمكافحة صراصير الغيط الدخيلة.

وفى النيماتودا، على العكس من معظم الممرضات الأخرى، يكون العثور على العائل عملية نشطة، فيها تتحرك النيماتودا تجاه العائل وتتعرف عليه مستخدمة منبهات معينة مثل ثانى أكسيد

openkamal.com

الكربون أو مكونات براز العائل. تتفاوت إستراتيجية النيماتودا فى البحث عن العائل، فالبعض يكمن فى إنتظار العائل والبعض يتحرك باحثاً عنه.

يمكن أن يكون الدخول إلى العائل عملية موجبة passive process كما يحدث عند إلتهام بيض أو يرقات النيماتودا Tetradonematidae بواسطة يرقة العائل. لكن فى معظم الحالات يكون إختراق العائل عملية نشطة فيها تخترق يرقة النيماتودا العائل من خلال جدار جسمه أو فتحاته الطبيعية (الفم وفتحة الشرج والثغور التنفسية). فى حالة الفتحات الطبيعية، يكون على النيماتودا أن تبحث عن المدخل لتتحرك من خلال فتحته متجنبة تصرفات العائل فى محاولة إزاحتها (فى حالة الفم). بمجرد وجودها فى القناة الهضمية، تستعمل النيماتودا أجهزة devices ميكانيكية، كالأقلام الرمحية stylets لتثقب جدار القناة الهضمية وتدخل إلى تجويف الدم، وهو موضع العدوى بالنيماتودا. فى بعض المجاميع من النيماتودا يمكن أن تستعمل الأرماح stylets خارجياً لثقب جدار الجسم للإختراق مباشرة إلى تجويف الدم. فى بعض المجاميع الأخرى من النيماتودا مثل Sphaerulariidae تستخدم النيماتودا مواد لاصقة تلصق النيماتودا بجدار جسم العائل لتساعد فى ثقب جدار الجسم بواسطة الأرماح.

تسبب العدوى النيماتودية علامات خارجية signs قليلة نسبياً، اللهم إلا فى بعض الحالات يحدث تمدد للبطن مع تغيرات فى اللون. وعادة ما تكون الحشرات المصابة ذات شهية ضعيفة وأقل نشاطا من الحشرات السليمة. وفى حالة الإصابة بأنواع النيماتودا من جنس *Neoaplectana*، على سبيل المثال، تتميز يرقات الحشرات المصابة باللون الصدئى rusty أو اللون البنى وفى البداية يكون التلوين موضعياً spotty فى توزيعه ثم يسود قبل الموت وبعده. أما اليرقات التى تأخذ اللون الأسود الشبيه باللون الأسود الناتج عن الإصابة البكتيرية فعادة لا يكون متطفلاً عليها بالديدان الثعبانية.

أما التأثيرات الداخلية فربما تكون عميقة profound. تحدث مجموعات كثيرة من النيماتودا عقماً بما فى ذلك نيماتودا عائلات Lotonchiidae, Phaenopsitylenchidae, Mermethidae. وفى بعض الحالات قد يتوقف الإنسلاخ، كما تكون سلوكيات الأفراد المصابة غير طبيعية. وقد تجد الأفراد المصابة صعوبة فى السير بطريقة عادية.

وتختلف نيماتودا عائلة Mermethidae عن غيرها من العائلات بسبب أنها تترك عوائلها قبل الوصول إلى الطور الكامل. تخرج اليرقات المتطفلة من العوائل ثم تنسلخ إلى أفراد كاملة تتزاوج وتتناسل كأفراد حرة.

تقتل نيماتودا عائلتى Heterorhabditidae, Steinernematidae، وهى المجموعات الأكثر إستعمالاً وبكثافة فى الإستعمال الكمى فى المكافحة البيولوجية، عوائلها فى خلال ٢-٣ يوم وهى مدة أقصر بكثير عن المجموعات الأخرى من النيماتودا. وهذا يحدث بسبب أن هاتين العائلتين من النيماتودا يعاشرها فى الأمعاء، فى علاقة تبادلية mutualistic بكتيريا سالبة لصبغة جرام من جنسى *Phoorhabdis* و *Xenorhabdus* على الترتيب تقتل عوائلها بالتسمم البكتيرى septicemia. تصل يرقات النيماتودا إلى تجويف الدم بثقب جدار القناة الهضمية الوسطية بعد إبتلاعها بواسطة العائل أو بثقب جدار جسم العائل. وعندما تنطلق البكتيريا فى تجويف جسم العائل مع تبرز يرقات النيماتودا تتضاعف داخل العائل وتسبب له تسمماً دموياً ويحدث الموت خلال يوم واحد على الأكثر من بداية العدوى.

بعد الموت تتغذى يرقات النيماتودا رمياً على أنسجة العائل الميت إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتتناسل. ومع وجود جيل ثان من اليرقات المقاومة (يرقات العمر الثالث المغلفة)، فإنها تترك العائل. هذه البكتيريا لا تقتل الحشرة فحسب بل تستخدم كغذاء للنيماتودا علاوة على أنها تنتج مضاداً حيوياً Antibiotic يمنع جثة الحشرة من التحلل بسرعة حتى تتمكن النيماتودا من أن تكمل نموها. تعمل هذه النيماتودا بطريقة أفضل فى البيئات الرطبة مثل التربة، كما أن لها القدرة على النمو على البيئات الصناعية وهى آمنة للبيئة ولها مدى عوائلى واسع.

ترتبط معظم النجاحات التى تحققت بإستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات فى برامج المكافحة البيولوجية بالآفات ساكنة التربة مثل يرقات الجعاليات والخنافس الأرضية علاوة على بعض الآفات الحشرية التى تصيب المجموع الخضرى من ناخرات الأوراق وحرشفيات الأجنحة. ويعتبر توفر فيلم رقيق من الماء على سطح المجموع الخضرى للنباتات المعاملة بالنيماتودا الممرضة للحشرات من الأمور الهامة والضرورية لحركة تلك النيماتودا عند بحثها عن عوائلها، وعلى ذلك فإن إضافة بعض المواد لمحلول الرش لتحقيق هذا الغرض مثل الزيوت المعدنية أو الجلسرين أو المواد اللاصقة غير السامة هامة وضرورية لخفض التوتر السطحى لسائل الرش وزيادة درجة إلتصاق محلول الرش بالنباتات المعاملة وبالتالى سهولة حركة النيماتودا الباحثة عن عائلها. على سبيل المثال، أدت إضافة الزيوت المعدنية ومادة ترايتون triton x 100 لمحلول الرش إلى زيادة نسبة التطفل بالنيماتودا *Stienernema feltiae* المتطفلة على الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* من أقل من ٥٠% إلى أكثر من ٩٠% عند إستعمال هاتين المادتين.

تتضمن النيماتودا من عائلتى Phaenopsitylenchidae، Lotochiidae كل من الطفيليات الإجبارية والإختيارية. يكون للنوع *Beddingia* stricidicola التابع للعائلة Phacnopsitylenchidae دورتى حياة، إحداها يحيا فيها حياة حرة والثانية حياة طفيلية. فى الحياة الحرة، يتغذى على فطر يحيا مع العائل الحشرى فى معاشرة تبادلية mutualistic. ينشر هذا الفطر بواسطة العائل الحشرى (نوع من دبابير الخشب) وينمو فى منطقة الكمبيوم من العائل النباتى الذى يهاجم بواسطة الدبور. فى دورة الحياة الحرة تتغذى اليرقات على الفطر إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتتزاوج وتضع بيضاً. فى دورة الحياة الطفيلية، تثقب أنثى النيماتودا جدار جسم يرقات دبور الخشب التى تتغذى نفسها على الفطر وبعد تعذير العائل الحشرى تنمو النيماتودا فى التجويف الدموى وتنتج نسلاً يغزو البيض النامى لدبور الخشب. وعندما يضع دبور الخشب بيضاً فإنه يضع بيضاً مَعْدى بالنيماتودا بدلاً من وضع بيض سليم. يقتل البيض بواسطة النيماتودا التى تخرج وتستمر فى نموها إما من خلال الإعتماد على الفطر لإكمال دورة حياتها أو بالإعتماد على الحشرة لإكمال الدورة وفقاً لوجود أو غياب العائل الحشرى فى الموقع. وبنفس النمط تكون النيماتودا *Paraiotonchium autumnale* (عائلة Lotonchiidae) التي تتطفل على الذباب *Musca autumnalis* والتي تغزو مبايض العائل.

تعيش بعض أنواع من النيماتودا كمفترسات على النيماتودا التى تصيب النباتات وهذه تتضمن أنواع من أجناس *Dorylaimus* , *Aphelenchoides* , *Monochus* , *Actinolaimus* , *Discolaimus* و *Diplogaster*، وتزود أفراد النيماتودا من الجنسين Monochus, Diplogaster بأسنان قاطعة أو قابضة أو بكليهما. يتواجد النوع *M. brachyuris* فى الأراضى الرطبة وتلك التى تعامل بالأسمدة العضوية، وتفترس أفراد هذا النوع النيماتودا المهلكة لقصب السكر *Heterodera radicicola*. أما أفراد بقية الأجناس فتزود بأسنان مجوفة أو أقلام رمحية stylets تغرز فى جسم فرائسها ومن خلالها يمتص سوائل جسمه. تحقن الإفرازات اللعابية فى جسم العائل والتى تعمل غالباً على التوقف السريع لأى مقاومة من جهة العائل وبذا يمكن أن تقهر أفراد الفرائس من النيماتودا الأكبر حجماً من النيماتودا المفترسة. عندما يتقابل فرد مفترس من جنس Dorylaimus مع الفريسة فإنه يوجه رأسه بزاوية قائمة مع الفريسة ثم يبرز أقلامه الرمحية فجأة لتخترق جسم العائل. تغرز هذه الأقلام الرمحية بعمق وتبقى إلى أن تنتهى التغذية مع حقن الإفرازات اللعابية من وقت إلى آخر.

مدى الأمان عند تناول النيماتودا الممرضة للحشرات

١- أكتشف إصابة الإنسان وبعض الحيوانات ذات الدم الحار بأنواع من النيماتودا من عائلة Mermethidae، والحاجة ملحة لمعرفة مدى تأثيرها وبقائها داخل هذه الكائنات.

٢- تنتقل النيماتودا إلى الفقاريات بواسطة مياة الشرب وتخرج من أجسامها مع البراز غالباً دون إحداث ضرر.

٣- ثبت إصابة نحل العسل بنيماتودا تتبع عائلة Mermethidae فى الإتحاد السوفيتى، وإصابة دودة الحرير بنيماتودا أخرى من مجموعة Rhabditoids فى اليابان، وأنواع من عائلة Mermethidae فى الصين وأدت إلى هلاك عديد من هذه الحشرات.

آكلات الحشائش وممرضاتها Weed-attacking herbivores and pathogens

آكلات الحشائش التى أطلقت عمداً لمكافحة الحشائش كانت أولاً من الحشرات بسبب درجة تخصصها العالية ومعدلات تكاثرها السريع. معظم الإطلاقات كانت إما خنافس من غمدية الأجنحة أو فراشات وأبى دقيقات من حرشفيات الأجنحة. ومن العائلات التى تكرر إستخدامها كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلات Chrysomelidae، Curculionidae، Gerambycidae، Pyralidae، Dactylopiidae، Tephritidae. بالإضافة إلى الحشرات أستخدم بعض الأكاروسات من عائلة Eriophyidae وحديثاً عائلة Tetranychidae.

وعلى العكس من الحشرات عالية التخصص، فقد أستعمل بعض أنواع من الأسماك كعاشبات عامة لمكافحة الحشائش فى مواطن معينة، غالباً صناعية مثل القنوات وتانكات المياه.

وحتى الآن فقد أستخدمت بعض الممرضات النباتية كعناصر المكافحة البيولوجية للحشائش. ومنذ عام سنة ١٩٧٠ تركز الإستعمال على كل من إستيراد ممرضات جديدة لمكافحة الحشائش الدخيلة، ومستحضرات formulation الممرضات لإستعمالها كمبيدات بيولوجية للحشائش. على سبيل المثال، أستورد الفطر *Puccinia chondrillina* سنة ١٩٧١ إلى استراليا من أوربا لمكافحة الحشيشة *Chondrilla juncea*. كذلك فإن الفطر المتوطن *Colletotrichum gloeosporioides* الذى يهاجم الحشيشة المتوطنة *Aeschynomene virginica* يباع تجارياً كمبيد بيولوجى للحشائش.

البَابُ الثَّالِثُ

بيولوجيا الحشرات الطفيلية والمفترسة

أولا: التزاوج والإخصاب

ثانياً: سلوك التغذية

ثالثاً: وضع البيض

رابعاً: النمو والإنشاء فى الأطوار غير الكاملة

خامساً: تعدد الأجنة فى الطفيليات الحشرية

سادساً: القدرة التناسلية

سابعاً: النسبة الجنسية

ثامناً: فترة حياة الحشرة الكاملة

تاسعاً: التطفل المتزايد

- فى الطفيليات الإنفرادية
- فى الطفيليات الجماعية

عاشراً: التطفل المتضاعف

حادى عشر: فرط التطفل والطفيليات المفرطة

بيولوجيا الحشرات الطفيلية والمفترسة

BIOLOGY OF PARASITIC AND PREDATORY INSECTS

أولاً: التزاوج والإخصاب Mating and Fertilization

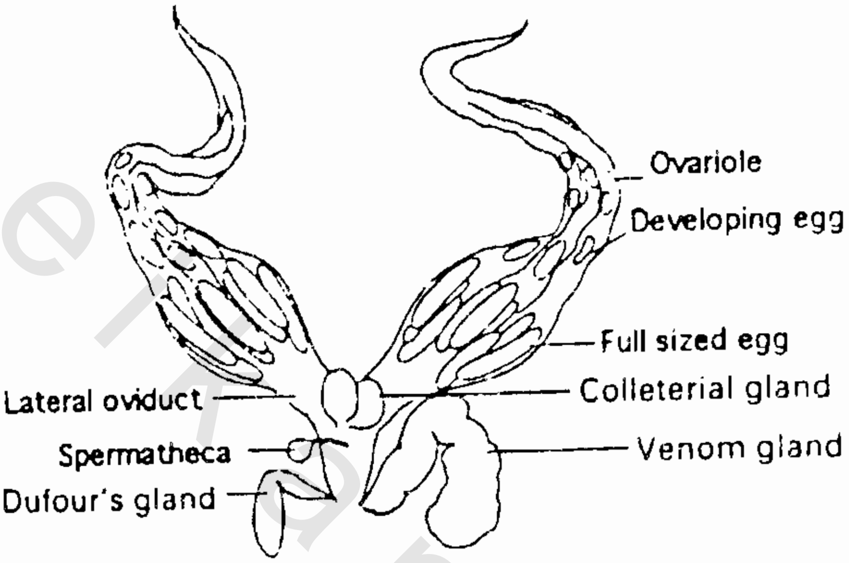
التزاوج عملية أساسية لحفظ النوع بين جميع الكائنات الحية، الراقية منها أو البدائية. وبالإضافة إلى هذه الغاية، فإن لدراسة سلوك التزاوج فى الحشرات أهمية خاصة من الناحية العملية تتضح من النقطتين التاليتين:

١- فى الإنتاج الكمى للحشرات المطلوبة بأعداد كبيرة فى وقت محدد، على سبيل المثال الإطلاق فى الحقل أوالصوب فى برامج المكافحة البيولوجية، نواجه بمشكلة كبيرة فى التربية الكمية للطفيليات وهو الإنتاج المتزايد من الذكور، لذا فإن دراسة سلوك التزاوج يمكن أن يميط اللثام عن أسباب هذه المشكلة فنصل إلى الحل الأمثل للإنتاج الأمثل من الذكور.

٢- التعريف الدقيق للأنوع النافعة التى تستورد كعناصر للمكافحة البيولوجية: فالتخصص العائلى من الأهمية بمكان فى هذا المجال بالنسبة لعديد من الأنواع ولابد للعاملين فى هذا المجال من التأكد الكامل من التعريف التقسيمى للنوع المراد إستيراده. فى الأنواع الطفيلية المتشابهة مورفولوجياً أو تكاد تكون متشابهة للدرجة التى يصعب فيها تعريفها وهو ما يعرف بالـ sibling species والشائعة فى طفيليات غشائية الأجنحة، يكون التعرف على السلوك التزاوجى هو الوسيلة الوحيدة للتمييز بين تلك الأنواع حيث، بصفة عامة، يكون التزاوج من خصائص النوع.

يعتبر التزاوج من ركائز التكاثر الجنسى sexual reproduction فى الحشرات، وهذا يتطلب وجود إختلافات مورفولوجية ووظيفية بين ذكورها وإناثها. وعن طريقه تنتقل الحيوانات المنوية من الذكور للإناث خلال آلة السفاد Genitalia. تحتفظ الأنثى بتلك الحيوانات المنوية فى قابلتها المنوية spermatheca (شكل ٣:١) لحين الحاجة إليها لإخصاب البيض أثناء وضعه وغالباً ما تتصل القابلة المنوية بمجموعة من العضلات التى تنقبض عند مرور البويضات فى قناة البيض المشتركة أمام القابلة المنوية أو قناة القابلة المنوية spermathecal duct مما يحفز غدة القابلة

المنوية spermathecal gland على إفراز أحد إفرازاتها التى تنشط الحيوانات المنوية المخزنة ليخرج إحداها لإخصاب البويضة. وغالباً ما تسكن الحيوانات المنوية spermatozoa بعد تخزينها مباشرة ويرجع ذلك لتراكم غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) الناتج من عملية تنفسها مما يخدر الحيوانات المنوية ويجعلها غير نشطة، وغالباً ما يكون الإفراز الذى يفرز من غدة القابلة المنوية قلوى التاثير لتنشيط الحيوانات المنوية أثناء نزولها إلى قناة المبيض أو عندما تكون فتحة النقير micropile أمام فتحة قناة القابلة المنوية.



شكل (١:٣) رسم توضيحى لتركيب الجهاز التناسلى لإناث الطفيليات الحشرية

ولقد وجد أن الإفراز الذى تفرزه غدة القابلة المنوية له دور هام وفعال فى حالة الطفيل *Tiphia papillilvora* حيث يقوم بتنشيط وتنظيم الحيوانات المنوية الواجب خروجها من القابلة المنوية وقت نزول البيض فى قناة البيض المشتركة. تكون قناة القابلة المنوية فى هذه الحشرة مزودة بمجموعة من العضلات القوية والسميكة وتنحنى القناة حول نفسها لتكون صمام valve يعمل على منع خروج الحيوانات المنوية إلا عند الحاجة فقط. وعندما تبحث الأنثى عن عائلها وتجده نجد أن غدة القابلة المنوية تفرز إفرازاً غزيراً داخل الحوصلة المنوية مما يحدث ضغطاً هيدروليكياً يعمل على فتح الصمام الواقع بين الحوصلة والغدة المنوية وعند نزول البويضة يحدث إحتكاك فيؤثر على العضلات السميكة الملتفة حول القناة المنوية فتتلاشى الإنحناءات وينفتح

الصمام وتستقيم القناة المنوية وتمر الحيوانات المنوية بسهولة فى القناة المنوية لتدخل الى قناة البيض المشتركة لتخصيب البويضة ولا يحدث ذلك مطلقاً إلا عندما تكون الحوصلة المنوية تحت ضغط هيدروليكى قوى ناتج من الإفراز الغزير للغدة المنوية. وقد وجد أن النسبة الجنسية لذلك الطفيل عند تواجده مع عائله المفضل هى ٢ أنثى : ١ ذكر وتتغير هذه النسبة فى حالة ندرة عائله المفضل الى (١ أنثى : ٥ ذكور) ويرجع ذلك إلى ضعف التأثير على غدة القابلة المنوية وبالتالى نقص خروج الحيوانات المنوية لتخصيب البويضات لقلة العامل المحفز لخروجها.

تختلف الطفيليات الحشرية إختلافاً واسعاً فى فترة التزاوج حيث تتراوح، على سبيل المثال، تحت درجة حرارة ٢٢م بين ١٥–٢٠ ثانية فى الطفيل *Nasonia*، ٤٠–٨٠ ثانية فى طفيل *Lariophagus*، ٥–١٠ ثانية فى طفيل *Melittobia*، وقد تختلف هذه الفترات باختلاف درجة الحرارة. كما أن الطفيليات الحشرية تختلف فى قدرتها على التزاوج بعد الخروج من العذراء، فقد وجد أن بعض الطفيليات لها القدره على التزاوج بعد الخروج من العذراء مباشرة مثل الطفيل *Copidosoma desantisi* وكذلك طفيل الترايكوجراما *Trichogramma*، فى حين أن طفيليات عائلة Tachinidae ليس لها القدرة على التزاوج قبل مرور يوم أو يومين من الخروج من العذراء كما تتفاوت عملية الإمناء insemination والإخصاب من دقائق أو ساعات إلى سنين كما فى حالة نحل العسل.

بمجرد أن يتقابل الذكر مع الأنثى، لابد أن يكون هناك درجة من الإستعداد readiness قبل حدوث عملية التزاوج. وعلى أحد الطرفين أن يكون على إستعداد للعطاء والآخر على إستعداد للقبول، وبصفة عامة يكون الذكر هو الأكثر نشاطاً، محدثاً نوعاً من الملاطفة والمغازلة لكسب تلك الجولة. وقد لا يستطيع هذا الزوج إتمام عملية التلقيح دون قلق أو إزعاج غالباً ما يسببه ذكر منافس يظهر فجاة معقداً لهذا الموقف العاطفى. فقد تصبح الأنثى، بعد مغازلة الذكر وملاطفته لها، قابلة له ولكن قد تختطف أو تسرق عملية التلقيح بواسطة ذكر أخر منافس. هذا وقد لوحظ فى التربية المعملية للطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* وكذا فى حالة طفيل عذارى الذباب *Nasonia vitripennis* أحد الذكور وهو يحاول إنزال ذكر آخر عن الأنثى أثناء عملية التزاوج، كما قد يحاول ذكران جماع أنثى فى نفس الوقت. يرجع السبب فى تلك المنافسة إلى أنه فى العديد من الحشرات، تلقح الأنثى مرة واحدة فقط أو على الأكثر مرات قليلة ولهذا السبب تكون أعداد الإناث المتاحة للتلقيح أقل بكثير جداً من أعداد الذكور المهيئة لذلك مع الأخذ فى الإعتبار أن الذكر الواحد يمكنه أن يلقح أكثر من أنثى. وتكون نسبة هذه الذكور الباحثة عن تلقيح

الإناث المتاحة للتلقيح وهو ما يعرف بالنسبه الجنسية الفاعلة operational sex ratio متحيزة للذكور male-biased حتى فى تلك الحالات التى تنحرف فيها النسبة الجنسية الأولية (النسبة الجنسية للنسل أثناء وضع البيض) primary sex ratio إلى الاتجاه الآخر. فعلى سبيل المثال تكون النسبة الجنسية الأولية فى طفيل *Nasonia vitripennis* منخفضة بدرجة كبيرة بالنسبة للذكور إذ تصل نسبتها إلى ٠,١ % بينما تكون الذكور الباحثة عن الإناث المتاحة للتلقيح أكبر عدداً فى كل الأوقات.

وفى ذبابة السرفبس *S. corollae* لوحظ أيضاً محاولة أكثر من ذكر تلقيح أنثى واحدة فى نفس الوقت، فبينما يمسك أحدهم بالأنثى، يحاول الآخر التزاوج معها، بينما يقاتل الثالث ليسقطهما معاً من على ظهر الأنثى. وهذا وقد لوحظ أيضاً فى بعض الحالات أن تعتلى الذكور ظهور بعضها وهذا غالباً ما يحدث فى غياب الأنثى.

حجم الجسم وعلاقته بسلوك التزاوج

الحشرات الطفيلية، كغيرها من الحشرات، بها درجة عالية من التفاوت حجماً بين جنسى النوع الواحد، فعادة ما تكون الذكور أصغر حجماً بكثير من الإناث. تحدد مثل هذه الإختلافات فيما بين الجنسين بكمية الغذاء المتاح أثناء فترة النمو اليرقى. قد يؤثر حجم الجسم فى سلوك التزاوج فالذكور الأصغر حجماً قد تكون أقل إثارة من الأكبر حجماً أو أقل قبولاً بالنسبة للإناث. وهذه نقطة يجب أن تؤخذ فى الإعتبار فى التجارب المعملية، ففى بعض التجارب قد يتطلب الأمر ذكوراً صغيرة الحجم، بينما يكون التفاوت فى الأحجام أمراً ضرورياً فى البعض الآخر. فى الطفيليات الإنفرادية التى تقتل فيها إناث الطفيل عائلها idiobiont والتى تتطفل على عوائل ذات أحجام متباينة، توزع الأنثى بيضها بطريقة إنتقائية (غير عشوائية) حيث يوضع معظم البيض غير المخصب (المنتج للذكور) فى العوائل الصغيرة بينما يوضع معظم بيضها المخصب (المنتج للإناث) فى العوائل كبيرة الحجم، ويكون النسل الناتج من الذكور أصغر حجماً من الإناث. والتفسير الواضح لهذه الظاهرة هو أن العوائل الصغيرة بها محتوى غذائى أقل من الكبيرة. وعلى العكس من ذلك، ففى الطفيليات الإنفرادية التى تستهلك فقط جزءاً بسيطاً من عائلها مثل أنواع جنس الطفيل *Splangia* spp. تكون الذكور فى متوسطها أقل حجماً من الإناث والسبب فى هذه الحاله أنه بالرغم من وجود وفرة من الغذاء فما تزال الذكور تستهلك كماً من الغذاء أقل من الإناث ولذا فإنها تنمو أسرع منها. وفى مثل تلك الأنواع، تعتبر هذه ميزة خاصة بالذكور حيث تخرج مبكراً عن إناثها وتكون جاهزة فى إنتظار خروج الإناث التى تخرج تباعاً لتلقيحها.

وهذا هو نفس الحال أيضاً فى الطفيليات الجماعية، ففيها تكون الذكور عادة أصغر حجماً من الإناث. ويظهر أن اليرقات المذكرة تتوقف عن التغذية وبالتالى تعذر مبكراً عن إناثها ولو أن العوامل التى تدفع الذكور إلى هذا التصرف ليست واضحة. وبذا يتوفر غذاء أكثر للإناث وبالتالى تكون أكبر حجماً و أكثر إنتاجية عنه فيما لو إستمرت يرقات الذكور فى التغذية. وبسبب أن رهان الفوز بالتزاوج فى الطفيليات الجماعية عادة ما يكون محدود للغاية، فان الذكور تضحى بأحجامها الكبيرة مقابل خروجها مبكراً حتى تكون الفرصة أكثر إتاحة لها لتلقيح إناثها الخارجة من نفس العائل.

البحث للتلقيح Searching for mates

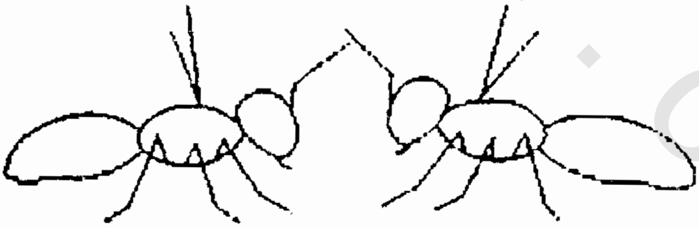
فى الطفيليات الحشرية، تكون الذكور هى الباحثة عن الإناث لتلقيحها والعكس ليس صحيح. وربما يرجع ذلك كنتيجة للنسبة الجنسية الفاعلة المتحيزة للذكور كما سبق أن ذكرنا. غالباً ما يتركز البحث فى المناطق التى يعلو فيها إحتمال القيام بعملية التلقيح كتلك التى تكون فيها الإناث إما خارجة من عوائلها أو تكون متغذية أو واضعة للبيض. تحاول الذكور أن تحتكر monopolize هذه المواقع سالكة بذلك سلوك التسيد المكانى territorial behavior، على أساس أن هذه المواقع فقيرة فى إمدادها الغذائى ومزدحمة بما فيه الكفاية. وفيما عدا ذلك فإن الطرفان يتقابلان كنتيجة لإرسال إشارات أو منبهات ولو أنه ليس من السهل أن نذكر بالضبط أى نوع من المنبهات يستجيب لها الذكور والإناث فى ملاقاة بعضهما طالما أن هناك عديد من مختلف المنبهات التى تسهم فى ذلك من منبهات كيميائية أو باللمس أو بصرية أو سمعية. لا تهيىء الإشارات الكيميائية المعلومات الدقيقة على موقع مرسل الإشارة، على الأقل فى المسافات الطويلة نسبياً. يمكن للاشارات السمعية أن تعطى معلومات دقيقة، لكن لأسباب فسيولوجية خاصة بالحجم، فإن الإناث الصغيرة تحتاج إلى معدل ترددات صوتية عالية جداً لكى يمكنها إتمام عملية الإتصال عبر مسافات فى الهواء تزيد مرات قليلة عن طول أجسامها. ومما لا شك فيه فإن عملية الإتصال فى الطفيليات تتم عبر مسافات قصيرة، لكن تحت الظروف البيئية المتباينة تركيبياً وحيث تتواجد مثل هذه الطفيليات عادة فى المناطق الخضراء المنزرعة، فإن الأصوات ذات الترددات العالية تكون غير مناسبة للإتصال عبر مسافات طويلة بسبب تشتتها وإنعكاساتها وتداخلاتها.

من المحتمل أن تكون الإشارات البصرية فعالة فقط عبر المسافات الأطول أثناء ساعات النهار وحيث تكون عوائق الرؤية بسيطة (على سبيل المثال، على أسطح المياه أو مسافات

مفتوحة). يتطلب الأمر فى حالة المسافات الأطول إمتلاك عيون كبيرة ذات حدة كافية كتلك التى توجد فى الرعاشات والذباب السارق من عائلة Asilidae. أما الزنابير الطفيلية مثل عائلات Cynpoidae و Chalcididae فهى من الصغر بمكان لتدرك الإشارات البصرية على مدى طويل، فقط تستطيع ذلك عبر مسافات قصيرة بمعدل ١سم أو أقل. يمكن أن تكون الإشارات البصرية ذات تاثير من الناحية العملية، في حالات خاصة مثل ذباب الحرائق fire flies الذي يبعث وميضاً مميزاً للنوع. وقد يكتنف هذه الإشارات بعض المخاطر، فعلى سبيل المثال، فإن إناث بعض أنواع ذباب الحرائق تجذب ذكور أنواع أخرى بغرض إفتراسها والتغذية عليها وليس بهدف الجماع. فى حالة أنواع الطفيليات الجماعية التى تنمو ذكورها وإناثها على نفس العوائل فإنها لا تحتاج إلى عمليات البحث هذه، وعلى العكس من الطفيليات الإنفرادية التى تبذل ذكورها جهداً أكبر لملاقاة إناثها.

التسيد المكاني territoriality فى ذكور الطفيل *Nasonia*

تعتبر ذكور الطفيل *Nasonia* من الأمثلة التجريبية لتوضيح ظاهرة التسيد المكاني، فهى تخرج مبكراً عن الإناث ويبقى أول الذكور ظهوراً مقيماً على سطح محفظة العذراء puparium معسعساً إياها patrolling بصفة مستمرة، أما الدخلاء من الذكور فتبقى مراقبة إياه warded off، بينما بقية الذكور الملاصقة تماماً فتتصدى له مباشرة. تكون أجنحة الذكر المقيم منتصبة رأسياً، بينما تكون فكوكه العلوية فاغرة Agape (شكل ٢:٣). يمكن أن يتبع ذلك عملية هجوم أو إقتحام بإعتلاء الذكر لظهر الآخر، ويمكن أن تعض الذكور بعضها وتكون النتيجة أن أجزاء من قرون إستشعارها أو أرجلها يمكن أن تنزع. عندما يتم إستبعاد المنافسين بعيداً بواسطة الذكور الدائمة الباقية على محيط المحفظة، فإنها تصبح ذكوراً شريكة satellite ويمكن أن تعمل كذكور متسللة sneakers سارقة لعملية التزاوج. قد يحدث أن تخرج الأنثى من العائل أثناء إنشغال الذكر المقيم بإبعاد المنافس بعيداً وبذلك يمكن أن يفقد فرصة التزاوج معها.



شكل (٢:٣) يوضح وضع ذكور الطفيل *Nasonia* أثناء التنافس للفوز بتلقيح الإناث.

لو أن هناك ثقب خروج واحد فى محفظة عذراء العائل، فإن الإناث تخرج الواحدة تلو الأخرى من العائل، ولا يمكن للذكر المقيم أن يؤثر بأى وسيلة على توقيت الخروج، إذ يمكن للإناث أن تظهر بسرعة وفى تتابع مستمر يفشل معها الذكر المقيم فى إمنائهم جميعاً. يمكن لهذه الإناث التى فلتت missed أن تعترضها الذكور المشاركة ويتم إمنائها.

يمكن أن يكسر هذا النظام المكاني لطفيل العذراء *Nasonia* فى حالة تواجد عديد من الذكور المنافسة على رقعة وجود العائل host patch، الوضع الذى يمكن حدوثه مع أنواع العوائل المتغذية على الجيفة مثل ذبابة اللحم *Sarcophaga* أو ذباب المقابر *Calliphora*. تحت هذه الظروف تصبح ظاهرة الإختطاف Grabbling بين الذكور هى الإستراتيجية المربحة profitable. يعتبر الإختطاف هو الظاهرة الشائعة بين ذكور عائلة Pteromalidae التى فيها تخرج الذكور عادة فى أعداد كبيرة من عوائل كبيرة، على سبيل المثال خروج ذكور الطفيل *Pteromalus puparium* من عذارى أبى دقيقات من عائلة Pieridae. يحدث التحول من سلوك التسيد المكاني إلى السلوك الإختطافى بسبب أنه عند كثافة معينة حرجة من الذكور المتنافسه يزداد الضغط على الذكر المقيم المحتكر للموقع ويحرم من نجاح الدفاع المستمر عن موقعه عند ثقب الخروج وبذلك يفقد إحتكاره للمكان.

سلوك الأسراب Swarm Behavior

تطير أو تتجمع ذكور عديد من الطفيليات الإنفرادية فى أسراب مثل ذكور الأجناس *Copidosoma, Pachyneuron* وغيرها من طفيليات عائلتى Ichneumonidae, Braconidae وبعض من عائلتى Encyrtidae و Pteromalidae. تظهر هذه الأسراب فى نفس المواقع فى فترة قد تصل لعدة أسابيع وتشتمل هذه الأسراب على آلاف عديدة من أفراد كل نوع، وفى كل منها تكون الغالبية العظمى من الذكور، وغالباً ما تتواجد هذه الأسراب فى الصباح الباكر. تصل الإناث بهدف التزاوج، وعندها تحدث المغازلة وتكون الإناث قابلة للتلقيح وقت وصولها حيث تلقح مباشرة وعندما تلقح تفقد الرغبة فى الجماع. تطلق الذكور إشارات كيميائية مما يزيد من عملية الإنجذاب الجنسى. وبالرغم من وجود إشارات متعددة فى الأسراب التى تحوى عديد من ذكور الأنواع المختلفة، والتى قد تكون متشابهة إلى حد كبير، لكن حدوث التلقيح بين الأنواع المختلفة لا يحتمل حدوثه. وأغلب الإحتمالات أن طريقة الأسراب هذه ليست مهيأة لإستقبال إشارات فاعلة من مسافات طويلة بقدر ما هى أماكن معينة خاصة تجذب كلا الجنسين عندما يكونا فى حالة إستعداد للتزاوج. هذا وقد ذكر أن مثل هذه الأماكن ليست هى الفضلى كأماكن خاصة كمصدر

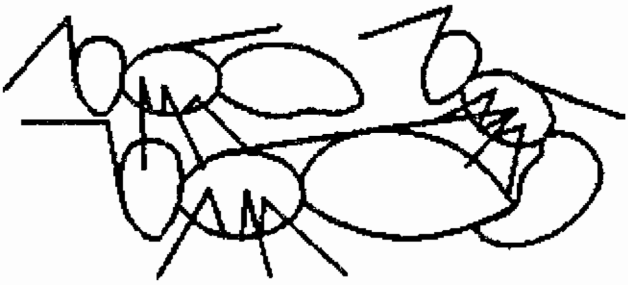
للغذاء أو وضع البيض مثلاً إذا ما قورنت بما يجاورها من مواقع، لكنها أماكن تتميز بوجود علامات وشواهد Landmarks محددة ودرجة معينة من الإحتماء من الرياح الشديدة.

عوامل إنطلاق المغازلة فى الذنابير Factors and release of display in wasps

فى كثير من الطفيليات الجماعية كطفيل *Nasonia vitripennis* تبقى الذكور الحديثة الخروج على أو قريبة من العائل وتبدأ فى المغازلة فور خروج الإناث مباشرة. تكون الذكور قادرة على ملاقاة الأنثى داخل محفظة عذراء العائل puparium بإستقبال منبه كيميائى، ويقف الذكر وقفة إستعداد على سطح محفظة العذراء لحين خروج الإناث. وعلى العكس من ذلك، فى أنواع قليلة أخرى مثل طفيل *Melittobia* تقترب الإناث من الذكور وكأنها تقدم نفسها للتزاوج. وعلى العكس من سلوك المغازلة فى الأنواع الأخرى، ففى هذا الطفيل يستغرق الذكر فترة طويلة قد تصل إلى نصف ساعة قبل أن يكون على إستعداد للتلاقح copulate. فى الطفيل *Melittobia* تخرج الذكور قبل الإناث حتى لو كانت أكبر منها حجماً (حيث من المتوقع أن تاخذ وقتاً أطول فى النمو) وتبقى داخل محفظة العذراء puparium أو داخل أى غطاء أخر. وغالباً ما يفوز أول ذكر يخرج بمعظم إن لم يكن كل التزاوجات بعد أن يكون قد قتل كل أخوته إما كعذارى او ككوامل خارجة بعده، حيث يدخل معها فى معركة شرسة. وبمجرد تلقيح الأنثى تصير موجبة للضوء وتتحرك بعيداً تاركة عائلها. تكون النسبة الجنسية متحيزة للإناث بسبب قتل الذكور ويكون للذكور فرص عديدة للتزاوج. قد يصل الأمر فى ذكور بعض الطفيليات مثل طفيل (Mymaridae) *Anagrus* محاولاته فى أن يجامع حتى الفرشاة التى سبق وأن لامست أجسام الإناث من العذارى. وقد يصل الأمر إلى أن ذكور كثير من الأنواع الطفيلية تغازل الأنثى الميتة بنفس الأسلوب الذى تتبعه مع الإناث الحية وربما تحاول الجماع معها. وعادة ما تكون الإناث البكر virgin females أكثر تقبلاً للذكر بمجرد مغازلتها حتى مع أقل فترة من هذه المغازلة، أما الإناث التى سبق إسفادها فتتطلب وقتاً أطول من المغازلة.

يمكن للذكور، بصفه عامة، أن تتلاقح دون سابق مغازلة فلو حدث وتقابل مع أنثى فى وضع التلاقح copulation pasture فسوف يسلك فوراً مسلك التلاقح مستغنياً عن المغازلة. وتشكل هذه القدرة أساس إستراتيجية الذكور المتسللة والتى فيها لو حدث وتواجد ذكر لحظة وجود زوج متغازل courting couple فسرعان ما يمسك بنهاية بطن الأنثى وفى لحظة تقبلها يقوم بتلقيحها (شكل ٣:٣). تم تسجيل هذه الظاهرة، على سبيل المثال، فى الطفيل *Nasonia vitripennis* وكذلك فى الطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على دودة درنات البطاطس. وغالباً ما

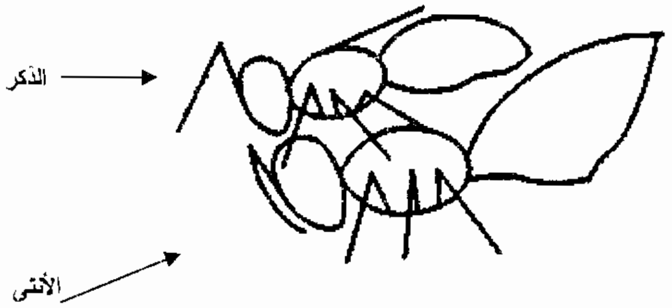
يعاود الذكر الأول المغازلة من جديد بعد حدوث الإسفاد وغالباً ما تعلن الأنثى تقبلها للمرة الثانية ولكن، على العكس من ذلك، لا يستجيب الذكر لهذه الإشارة الثانية من الأنثى بل يبقى فى وضعه ويستمر فى المغازلة لفترة قصيرة قبل أن ينزل من فوقها.



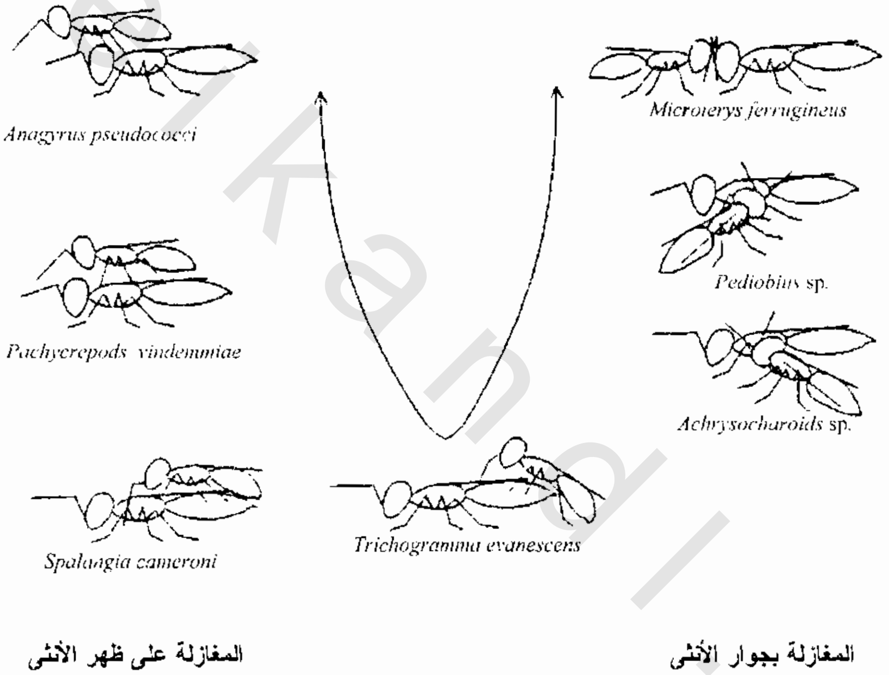
شكل (٣:٣) يوضح رسم تخطيطى لحالة الذكور المتسللة فى الطفيل *Nasonia vitripennis*

تمت محاولات كثيرة فى عديد من الطفيليات الحشرية لمعرفة مصدر الفيرومونات البادئة للمغازلة. فى الطفيل *Diaeretiella rapae*، المتطفل على حشرات المن، عندما فصلت بطن الأنثى وحدها أحدثت مغازلة للذكر دون باقى أجزاء الجسم الأخرى التى فشلت فى ذلك. أما فى الطفيل *Cotesia glomeratus* فينبعث الفيرومون من حلقة معينة من حلقات الجسم. وقد إتضح أنه فى عديد من أنواع جنس *Cotesia* يوجد زوج من الغدد فى الجهاز التناسلى للأنثى يكون مصدراً لهذا الفيرومون. وفى الطفيل *Aprostocetus hagenowii* (Eulophidae) ينبعث هذا الفيرومون من صدر الأنثى وليس من الرأس أو البطن. وفى محاوله للتمييز بين تأثير المنبهات الكيميائية والمرئية على إحداث المغازلة فى الطفيل *Anisopteromalus calandrae* (Pteromalidae) وجد أن العذارى تفرز فيرومون المغازلة الذى يكون فى أعلى تركيزه حول عيونها الحمراء، ويقل هذا التركيز مع العذارى الأكبر سناً، لكن يظهر تاثيرها ثانية فى كوامل الإناث بعد خروجها مباشرة. هذا وقد سجلت هذه الملاحظة فى عديد من حشرات حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة.

الذكور المغازلة التابعة لفوق عائلة Chalcidoidea إما تعتلى الأنثى كما فى الطفيل *Nasonia vitripennis* (شكل ٤:٣)، أو تبقى بجانبها، أو تواجهها (شكل ٥:٣). فى حالة الطفيل *Nasonia* يعتلى الذكر الأنثى واضعاً رسغه الأمامى على رأس الأنثى، أما وضع بقية الأرساغ الأخرى فتعتمد على حجم كل من الذكر والأنثى (شكل ٤:٣).



شكل (٣:٤) يوضح رسم تخطيطى لوضع الذكر بالنسبة للأنثى فى الطفيل *Nasonia vitripennis*



شكل (٥:٣) يوضح بعض الأوضاع المختلفه للمغازلة فى الطفيليات الحشرية سواء تمت فوق أنثى الطفيل أو بجوارها.

إنتاج المنبهات Stimuli production

بمجرد أن يوجه الذكر نفسه التوجيه الصحيح بالنسبه للأنثى وتصبح الأنثى ساكنة إستجابة لذلك، يبدأ فى عملية المغازلة. فى بعض المجاميع الخاصة من الطفيليات يكون سلوك المغازلة غير ظاهر للعيان، بينما فى البعض الأخر يكون محدداً وواضحاً .لابد من التركيز على أن بعض الحركات التى تؤدى أثناء المعازلة قد لا تثير الأنثى ويمكن أن يشار إليها أنها حركات إضافية. هناك من المؤثرات والمنبهات التى تلعب دورها فى سلوك المغازلة، قد تكون سمعية أو كيميائية أو غير ذلك.

أ- المنبهات السمعية Acoustic stimuli

تحرك ذكور عديد من الزنابير الطفيلية أجنحتها عند الإقتراب من الأنثى وأثناء مغازلتها، وترتبط حركات الجناح هذه بإنتاج تذبذبات صوتية علماً بأن الأجنحة ليست هى مصدر هذا الصوت الذى ربما يكون هوائي المصدر air-borne وليس مادى المصدر. يكون نمط هذه الأصوات المنبعثة أثناء المغازلة مميزاً جداً لكل نوع حشرى مما يؤكد أن لها دوراً هاماً فى سلوك المغازلة. تحرك الذكور المتقدمة فى العمر أجنحتها بدرجة أقل من تلك الحديثة وبالتالى تكون أقل قدرة ونجاحاً فى سلوكها التغازلى لقلة إنتاج تلك الأصوات وربما يكون أيضاً بسبب قلة فى إنتاج فيرومون المغازلة كما سيأتى ذكره بعد. كما يصدر كلا الجنسين من بعض أنواع ذباب السرفيس مثل *Syrphus corollae* و *Sphaerophoria flavicauda* و *Xanthogramma aegyptium* نغمات صوتية مميزة. وقد أشار هدسون Hodson، ١٩٣٢ فى دراسته على ذبابة النرجس الكبيرة *Merodon equestris* أن كلا الجنسين يدعو كل منهما الآخر عن طريق نغمات صوتية إهتزازية عالية التردد تصدر غالباً من الثغور التنفسية. هذا وقد سجل هيلينز Hellins، ١٨٨١ أن ذكور ذباب السرفيس من النوع *Sericomyia borealis* هو الجنس المغنى فى فترات راحته على الأحجار، لكنه ذكر أنه لم يتمكن من معرفة مصدر هذا الصوت.

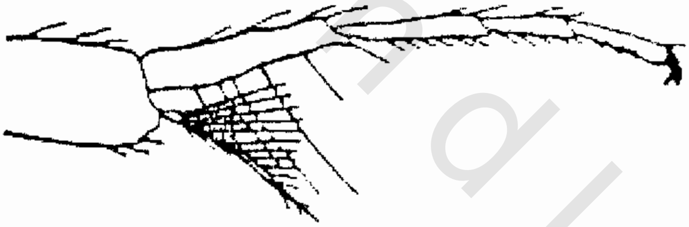
ب- المنبهات الكيميائية Chemical stimuli

يبدو أن المنبهات الكيميائية تلعب دوراً هاماً فى الإتصالات على مسافات قصيرة. وقد أوضحت التجارب ما لهذه المنبهات من أهمية فى إحداث تقبل الأنثى للذكر. فعلى سبيل المثال، كما فى الطفيل *Nasonia*، يرتبط بداية هذا القبول بإيماءة من رأس الذكر، ومع هذه الإيماءة تمتد أجزاء الفم إلى أعلى وتنسحب مع الإماءة السفلى. ويرتبط إمتداد أجزاء الفم

بإنسياب فيروموناً يعمل كمنبه كيميائى. ويظهر أن هذا السلوك يرتبط بعديد من طفيليات عائلة Pteromalidae. وتأسيساً على ما يحدث فى الحشرات الأخرى من غشائية الأجنحة مثل النمل والنحل، فإن مصدر هذا الفيرومون هو غدد الفكوك العلوية للذكر. هذا ويظهر أن فيرومونات الملامسة contact pheromones المتواجدة على سطح الكيوتيكل والتى تكون من الخصائص المميزة لكل نوع تلعب دوراً فى تعرف الزوج المتلاحم على بعضه ومع بداية المغازلة تلعب تلك الفيرومونات دوراً فى إستمراره.

جـ- أنواع المؤثرات الأخرى Stimuli of other kinds

ترتبط المغازلة فى العديد من أنواع الزنابير المتطفلة بحركات من الأرجل تشمل التطبيل drumming، والنقر tapping، والرفس kicking، والتمرجح swinging، وتستعمل كل هذه الأشكال من الحركات فى إثارة الأنثى باللمس. تمتلك ذكور بعض الأنواع أرجلاً واضحة الزخرفة. فعلى سبيل المثال، يمتلك ذكر الطفيل *Mesopolobus* (Pteromalidae) خصلاً من الشعيرات زاهية التلوين يحركها الذكر أمام العيون المركبة للأنثى أثناء عملية المغازلة. ومن المقترح أن يكون لها عمل مرئى فى ذلك السلوك. وفى الطفيل *Nesolynx albiclavus* (Eulophidae) يوجد تحور غير عادى فى الرجل الوسطية لذكره، إذ يحمل المهماز الساقى tibial spur إمتداد مثلثى الشكل يمتد منه شعيرات طويلة تأخذ شكل المروحة (شكل ٦:٣).



شكل (٦:٣) يوضح التحور المتواجد على المهماز الساقي للرجل الوسطية لذكر الطفيل *Nesolynx albiclavus*

ويعمل هذا التركيب على إحكام ملامسة الأنثى أثناء عملية التطبيل ولو أنه ليس من المعروف إن كان له أى دور فى سلوك الأنثى. كما أن لذكور الطفيل *Melittobia acasta* قرون إستشعار ذات شكل خاص تعمل كمقابض claspers للإمساك بقرن إستشعار الأنثى أثناء المغازلة، كما تكون عقلة الأصل منتفخة تحمل ثقوباً قليلة بداخلها نسيج ذو طبيعة غدية مما يوضح أن

هناك منبه كيميائي يسهم فى هذا السلوك. كما يحرك الذكر عندما يمتطى ظهر الأنثى أرجله الوسطية والخلفية محدثاً رفسات فى مقدمة الأنثى عند مستوى عيونها أو خلفها. وحيث أن هذه الأرجل مزودة بشعيرات كيتينية فربما تعمل مثل هذه الحركات كمنبهات حسية.

إختيار الإناث للذكور Choice of male by females

يبدو أن الإناث من الزنابير الطفيلية لا تظهر أهمية فى إختيار ذكورها. فعادة ما تتزاوج الأنثى البكر مع أول ذكر من نوعها تتقابل معه. هناك أمثلة قليلة عن الإختيار الهادف بين الأعداء الطبيعية. تعتبر حشرة *Hylobittacus apicalis* (Mecoptera) إحدى هذه الأمثلة إذ فيها تقتنص كل من الأنثى والذكر فريسة غالباً ما تكون من رتبة ذات الجناحين بأحجام متفاوتة تثقبها بأجزاء فمها دافعة فيها مادة سامة لشلها مع إنزيمات هاضمة تحللها داخلياً. وبجانب التغذية على الفريسة، يمكن أن يقدم الذكر لأنثاه إحدى هذه الفرائس كهدية زواج nuptial gift تلتهمها الأنثى أثناء عملية التزاوج. أثناء تعلق الذكر بأرجله الأمامية يطلق فرموناً منبعثاً من غدد فى نهاية البطن. تتقدم الإناث التى تقبل التلقيح وتأخذ وضع التعلق مجاورة للذكر وتمسك بالفريسة وعندئذ يطلق الذكر الفريسة بمجرد ملامسته للفتحة التناسلية لها. تفضل الإناث الذكور التى تحمل فريسة أكبر ولو أن هذا التفضيل لا يعتبر برهاناً باتاً على إختيار التلقيح الهادف adaptive mate. تتواجد فرائس هذه الحشرة بأحجام متفاوتة فى الوسط المحيط بها، فالأنثى تصطاد صغيرها وكبيرها ولا تنبذ الصغير منها الذى تصطاده بنفسها، لكنها تنبذ الصغير منها وترفضه إذا قدم كهدية زواج من الذكر. تتغذى الأنثى على الفريسة خلال فترة الجماع. يجامع الذكر الذى قدم فريسة كبيرة أنثاه لمدة ٢٠ دقيقه أو أكثر وهو – وليس الأنثى – الذى ينهى الإتصال الجنسى. وعلى العكس من ذلك، فان الذكر صاحب الهدية الصغيرة الحجم لا يفوز بالإتصال الجنسى إلا لمدة ٥ دقائق على الأكثر، أو قد لا يحدث هذا الإتصال، والأنثى فى هذه الحاله هى التى تنهى الإتصال الجنسى وليس الذكر كما هو الحال فى الفريسة الكبيرة. هذا وقد وجدت أيضاً مثل هذه العلاقة الموجبة بين مدة الجماع وحجم الهدية المقدمة فى حشرة *Empis borealis* (Empididae). حيث وجد أن فترة التسافد لابد أن تزيد عن ٥ دقائق حتى يتمكن أى حيوان منوى من الإنتقال من الذكر للأنثى ولذا فإن تقديم الهدايا صغيرة الحجم لا تؤدى بالضرورة إلى عملية الإمناء insemination، وعلى العكس من ذلك فإن فترة التسافد الطويلة التى يفوز بها الذكر بتقديمه هدية كبيرة الحجم تؤدى إلى إتمام هذه العملية. وفى خلال الفترة من ٥–٢٠ دقيقه ترتبط كمية الحيوانات المنوية المنتقلة إرتباطاً موجباً مع وقت التسافد. وبعد إتمام عملية الإمناء الكاملة، فان الأنثى تبقى غير قابلة لأى تلقيح آخر لمدة ٤ ساعات، خلالها تضع حوالى ثلاث بيضات فى المتوسط.

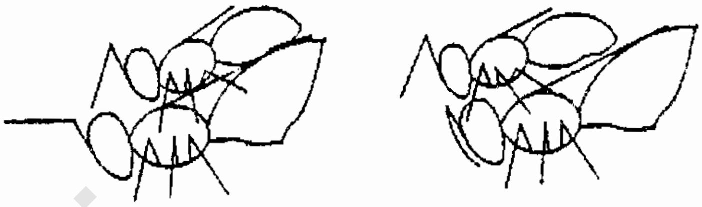
تعتمد إناث حشرة *Hylobittacus* بشدة على تغذية الذكور لها أثناء فترة وضع البيض. وقد سجل أن التغذية على هدية الزواج تكون هادفة حيث تقلل من إحتمال موت الأنثى إذ تكون أقل عرضة للإفتراس عما لو قامت بنفسها بصيد أو إقتناص فريسة للتغذية عليها، وبذا يزداد الإحتمال فى أن البيض المخصب بواسطة الحيوانات المنوية للذكر سوف يوضع فعلاً. هناك نقطة أخرى هامة وهى أن الفرائس كبيرة الحجم تكون متاحة بكميات محدودة ولذلك فإن نسبة قليلة من الذكور سوف تساهم فى الإنتاج reproduction. يحمل ٩٠% من الذكور المقدمة للهدايا فرائس كبيرة، بينما ١٠% منها تحمل فرائس صغيرة وهذه النسبة الأخيرة سوف تميز بواسطة الإناث. وقد إتضح أن الذكور التى تصيد فرائس كبيرة تكرر ذلك بإستمرار مما يفسر أن هذه الذكور التى تختار بواسطة الإناث ربما تختلف وراثياً عن تلك التى تحتقر أو ترفض spurned من الأنثى.

سجلت حالة أخرى من حالات إختيار الإناث لذكورها وما يتبعه من جوانب أخرى من إنتاج جيد فى حشرة الذباب العقربى *Panorpa vulgaris* (Mecoptera) وهى ليست بمفترسة ولكنها مترممة وتتغذى أساساً على الميت من مفصليات الأرجل. لا تمارس هذه الحشرة الاختيار الهادف لكى تتزاوج، إلا أنها تأخذ وقتاً أطول وتستقبل حيوانات منوية أكثر مع الذكور التى تقدم لها هدايا الزواج (وهو لعاب غنى بالبروتين) عن تلك التى لا تقدم شيئاً. تسمى الذكور الأولى بالذكور عالية التغذية nutritionally high males والأخرى بالذكور منخفضة التغذية nutritionally low males. وبسبب أن الذكور لابد لها من أن تتغذى حتى تبدأ فى إنتاج اللعاب وبسبب أن مصادر هذا الغذاء محدوداً مما يستلزم منافسة قوية، فقد أفترض أن الإختلافات فى إنتاج اللعاب يرتبط بالإختلافات فى القدرة على المنافسة والنضال. وبذا يمكن أن يكون إنتاج اللعاب هو القاعدة فى الإنتخاب الجنسى sexual selection فى هذه الحشرة بسبب العلاقة الموجبة بين الكمية المنتجة وفترة التسافد ونجاح الإخصاب. هذا وقد وجد أن أبناء الأباء عالية التغذيه لها القدرة أيضاً على المنافسة والنضال فى الحصول على الغذاء أكثر من أبناء الأباء منخفضة التغذية، كما أنها تفوز بالجماع ليس بسبب قدرتها التنافسية فقط بل بقدرتها على تتبع الإناث بقوة أكبر مع تفضيل الإناث للجماع معها.

تقبل الذكر والأوضاع المصاحبة Receptivity and associated postures

بصفة عامة، يصاحب تقبل الأنثى للذكر تغيرات فى وضع أجزاء من جسمها، فهى ترفع نهاية بطنها، فاتحة فتحة تناسلها. ربما يكون هناك تفاوت فى هذه الأوضاع وفقاً للمجاميع التقسيمية المختلفة. فعلى سبيل المثال، فى طفيليات عائلة Eulophidae، يرتخى وسط الأنثى مع رفع بطنها إلى أعلى موجهة الرأس وقرون الإستشعار إلى أعلى أيضاً. وفى طفيل *Nasonia*

والأنواع الأخرى القريبة له من عائلة Pteromalidae تخفض الأنثى الرأس مع سحب شماريخ قرون إستشعارها تجاه المنطقة الأمامية من الرأس، وبمجرد أن تظهر علامات الرضا والتقبل يتوقف الذكر عن المغازلة ويبدأ السلوك التسافدى، وهنا يطفو سؤال على السطح، ما هى الظواهر المسئولة عن هذا التغيير؟ هناك ظاهرتين لهذا التفسير، الأولى هى رفع الأنثى لبطنها مما يهيء تحفيز حسى للذكر المغازل الذى يعتليها، لكن هذا التفسيير ليس هو السبب فى طفيليات أخرى مثل طفيل *Nasonia* والأنواع القريبة له وذلك بسبب الوضع الأمامى المتقدم له فوق الأنثى (شكل ٧:٣) مما لا يتيح له فرصة هذا التحفيز والتأثير عليه، ولذا فهناك تفسير آخر فى مثل هذه الحالات وهو إنثناء قرون إستشعار الأنثى لأسفل والذى يمكن أن يدرك بسهولة بواسطة الذكر.



شكل (٧:٣) رسم تخطيطى لوضع الذكر أثناء المغازلة فى طفيليات عائلة Pteromalidae

أثناء عملية التسافد، غالباً ما يكون الذكر ممتطياً ظهر الأنثى. في بعض الحالات يتلاقى طرفا البطن بحيث يصبح أحد الجنسين مضاداً لإتجاه الجنس الآخر tail to tail كما في حشرة إبرة العجوزة *Labidura riparia* (شكل ٨:٣)، وأيضاً فى ذبابة السرفيس كما فى *Sphaerophoria flavicauda* (عوض الله، ١٩٦٨).

شكل (٨:٣) يوضح التسافد في إبرة العجوزة *Labidura riparia* (عن الحسيني ١٩٦٩).

عادة ما يكون هذا التقبل الجنسى من إناث ذنابير الطفيليات محدد فقط بعدد من المرات وقد يصل لمرة واحدة فقط كما فى أنواع الطفيل .*Melittobia* spp. ترفض الأنثى عند نقطة معينة أى تزاوج آخر لعوامل تسهم فى جعل الأنثى رافضة، مؤقتاً أو دائماً، مؤثرات المغازلة. من هذه العوامل ما يتعلق بالإمناء insemination فالحيوانات المنوية المخزونة (إمتلاء القابلة المنوية) قد تكون هى السبب المباشر لذلك وهو السبب الأكثر قبولاً، أو قد يحتوى القذف على مواد أخرى بخلاف الحيوانات المنوية تفرز من الغدد الإضافية يكون لها تاثير غير مباشر ولو أن ذلك يصعب تأكيده.

فى عديد من المجموعات الأخرى من الحشرات، يكون العودة لتقبل الذكر تحت تحكم هرمونى مباشر يرتبط إما بنضج البيض أو وضعه ومثل هذه الإناث يمكن أن تتزاوج قبل وضع البيض مباشرة سواء يوجد أو لا يوجد حيوانات منوية فى قابلتها المنوية ومن أمثلة تلك الحشرات الرعاشات وذباب الروث وكذلك الطفيل *Goniozus legneri* حيث فى التربية المعملية كانت كل الأفراد المتاحة من هذا الطفيل إناث لم تلقح على الإطلاق وبدأت فى وضع البيض غير المخصب. أمكن حفظ تلك الإناث فى درجة حرارة ١٠ درجة مئوية بالمعمل لحين خروج الجيل الجديد من الذكور الذى لقح تلك الإناث وعاودت وضع البيض مرة أخرى، وكان النسل الناتج به ذكور وإناث على السواء.

هناك عامل آخر فى مجموعات عديدة من الذنابير الطفيلية يكون سبباً فى عملية الرفض أو التمنع هذه، وهو أن حدوث التقبل الواضح من جانب الأنثى للتلقيح قد يكون هو نفسه دافعاً لعدم العودة بسرعة إلى تقبل الذكر. فعلى سبيل المثال، فى طفيل *Nasonia* (وغيره من طفيليات عائلته) إذا حدث وكانت الأنثى فى حالة تقبل للذكر لكن لم يتم إسفادها بسبب إزاحة الذكر قبل أن يتلامس جنسياً يجعل الأنثى رافضة لأى ذكر بعد هذا الحدث. وقد لا يكون إزاحة الذكر فى أى وقت أخر غير هذا التوقيت الحرج له مثل هذا الرفض.

تكرار التزاوج وعمر الحشرة

يمكن أن يقصر التزاوج المتكرر من عمر الفرد. فى ذكور وإناث حشرة الدروسوفلا، توجد علاقة سالبة معنوية بين تكرار التزاوج وعمر الفرد سواء كان ذكراً أم أنثى. توجد مثل هذه العلاقة أيضاً فى الذنابير المتطفلة. سجل تناقص معنوى فى عمر ذكور الطفيل *Dibrachys* sp.(Pteromalidae) التى تزاوجت مع خمس إناث فى اليوم، مقارنة بتلك التى تزاوجت مرة واحدة

فقط في اليوم. فى عديد من الطفيليات، تستمر الذكور فى التلاقح لدرجة أنها تموت وهى فى ذات الفعل كما فى الطفيل *Melittobia acasta*.

التزاوج وسلوك وضع البيض

يتفاوت تأثير التزاوج فى سلوك وضع البيض فى الأنواع المختلفة من الطفيليات. ففى طفيل *Nasonia* وطفيل *Lariophagus* لا يوجد أى إختلاف فى سلوك وضع البيض بين الإناث البكر وتلك التى لقحت. أما إناث طفيل *Melittobia acasta* تستطيع، بمجرد تلقيحها، أن تضع بيضاً بمجرد وجود العائل المناسب ويصل معدل وضع البيض إلى أقصاه خلال يوم أو يومين. وعلى العكس من ذلك، فإن إناثه غير الملقحة عندما توضع مع العائل فانها توخزه بآلة وضع البيض بغرض التغذية فقط ولا تضع فيه بيضاً، ولكن بعد يوم أو يومين فإنها تضع بيضة أو عدد قليل جداً من البيص بالرغم من وجود بيض متاح فى مبايضها. وهنا يتضح تأثير التلقيح فى سلوك وضع البيض. تضع الإناث البكر لطفيل *Cotesia glomerata* وبصفه دائمة، عدداً من كتل البيض أقل من إناثه الملقحة سواء فى الحقل أو المعمل. وإذا لقحت هذه الإناث العذارى أثناء فترة حياتها، فى التجارب المعملية، تبدأ فى وضع كتلاً أكبر من البيض. كذلك فى عديد من طفيليات عائلة Aphidiidae وجد أن الإناث الملقحة تبقى لمدة أطول فى مكان العائل وتتطفل على عدد أكبر من أفراد المن فى وحدة الزمن وتضع عدداً أكبر من البيض فى العائل مقارنة بالإناث العذارى.

الإفتراس الذاتى الجنسى Sexual cannibalism

هناك مشكلة تواجه ذكور بعض المفترسات الحشرية إذ تعامل من جانب الإناث كفرائس وتقتل قبل أن يتم إتمام إحراز التلقيح. وهناك إستراتجيتين يمكن أن تقوم بها الذكور لتعظيم لياقتها فى مثل هذه الظروف.

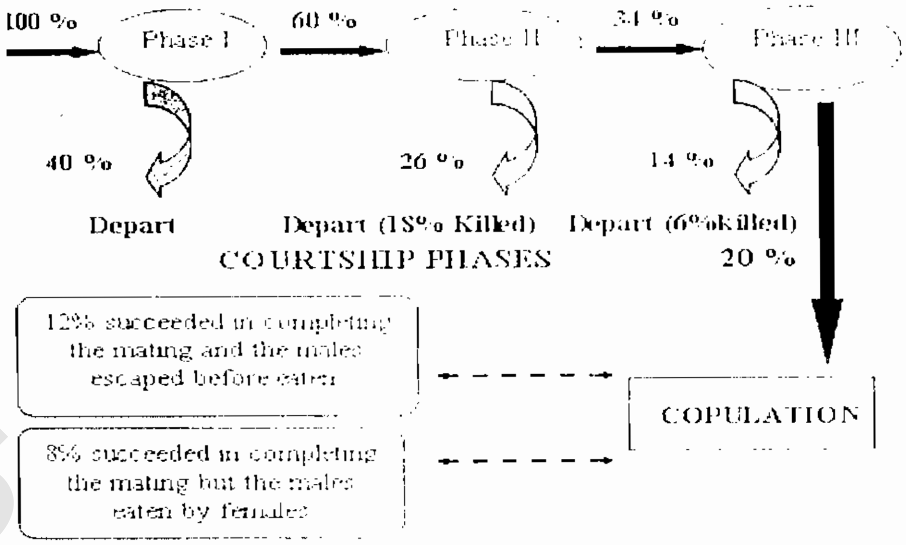
(١) تحاول الذكور أن تهدىء الإناث بتقديم الطعام أو أى مادة أخرى، أو عن طريق إشارات خاصة، ومثل هذه الإستراتيجية تتمثل فى أنواع الحشرات من عائلة Empididae من رتبة ذات الجناحين. وبداخل هذه العائلة يوجد تدرج فى السلوك كما يلى:-

أ- تلتهم الأنثى الفريسة دون أن يكون لها علاقة بالمغازلة، أى بدون تهدئة للأنثى، ومن أمثلة ذلك أجناس حشرات *Platypalpus*, *Hybos*, *Empis trigramma*, *Empis punctata*.

ب- تلتهم الأنثى الفريسة التى تقدم بواسطة الذكر أثناء عملية الجماع، ومن أمثلة ذلك العديد من أنواع جنس *Empis*.

جـ- الفريسه أو المادة التى تقدم بواسطة الذكر لا تتغذى عليها الأنثى بل تقوم بدور المنبه المؤدى إلى عملية الجماع. فى حشرة *Hilara* تغلف أى مادة غير حية فى نسيج حريرى تفرز خيوطه من غدد فى الرسغ الأمامى لرجل الذكر، وأحياناً قد يكون هذا النسيج فارغاً – كالبالون– من أى مادة فيه.

(٢) تخاطر الذكور لإتمام عملية التلامس الجنسى دون تهدئة للأنثى. وقد يقدم الذكر على ذلك فيما لو أن هذا التزاوج، الذى سيودى بحياته عندما تأكله الأنثى، سوف يؤدى إلى ترك ذرية أكبر عن تلك التزاوجات التى لا تكون مميتة. ومن أمثلة هذه الإستراتيجية ما يحدث لحشرات أفراس النبى. يعرف من مدة طويلة عن السلوك التزاوجى فى هذه المجموعة من الحشرات بحدوث ظاهرة الإفتراس الذاتى. يقترب الذكر من الأنثى من الخلف بخطوات محسوسة فى إتجاهها على غير عادته الطبيعية فى الحركة. وفجأة يقفز على ظهر الأنثى ممسكاً إياها بأرجله الأمامية المعدة للقنص. وبمجرد وصوله إلى أرجلها الأمامية المعدة للقنص يوجه آلة سفاده بالقرب من آلة وضع بيضها. ويتطلب الأمر من الأنثى أن ترفع آلة وضع البيض قبل أن يتمكن الذكر من جماعها بنجاح. وتحتاج عملية التزاوج الناجحة من ٤ – ٥ ساعات. وحين إكتمال الجماع يسقط الذكر من فوق الأنثى بعيداً قبل أن تدركه. ولكن قد يحدث أنه أثناء تواجد الذكر فوق الأنثى أن يفقد قبضته عليها وفى هذه الحالة يمكن للأنثى أن تضربه وتمسكه ملتهمة إياه وإلتهامه فى هذه المرحلة لا يستبعد إتمام عملية التلامس الجنسى والإمناء، لكن الإعتقاد السائد بفصل رأس الذكر كضرورة أولى لإحداث القذف غير صحيح، حيث تسلك الذكور السليمة نفس المسلك كتلك المفصولة رأسها. في دراسة على التزاوج في فرس النبي *Sphodromantis viridis* (يونس ٢٠٠٣م)، ذكر أن عملية المغازلة تمر بثلاث مراحل قبل بداية عملية التسافد وهي توجه الذكر، والقفز على ظهر الأنثى، ثم إستقرار الذكر وتلامس الأعضاء التناسلية. وجد أنه من بين ٢٠ زوجاً (تم إستخدامهم في التجربة) لم يتمكن ١٦ زوجاً (٨٠%) من إتمام المراحل الثلاث للمغازلة وإتمام عملية التلقيح. البعض منهم تم رفضهم بواسطة الأنثى وتمكنوا من الهرب، والبعض الآخر تم إلتهامهم بواسطة الأنثى. أما الأربعة أزواج الباقية (٢٠%) الذين تمكنوا من إتمام عملية التزاوج فقد تمكن ٨% منها من الهرب قبل أن تلتهمه الأنثى، ١٢% تم التهامها (شكل ٩:٣).


100 %
Phase I
60 %
Phase II
34 %
Phase III
40 %
26 %
14 %
Depart
Depart (18% Killed)
Depart (6%Killed)
COURTSHIP PHASES
20 %
12% succeeded in completing the mating and the males escaped before eaten
8% succeeded in completing the mating but the males eaten by females
COPULATION

شكل (٩:٣) يوضح تتابع عملية المغازلة وسلوك التزاوج في فرس النبي لتوضيح نسبة الأفراد في كل مرحلة (يونس ، ٢٠٠٣).

كان هناك شك وجدل كثير حول الإفتراس الذاتى الجنسى فى حشرات فرس النبى. يرى البعض أن هذا السلوك يمليه التربية المعملية بسبب ظروف خاصة فى التغذية أو الحبس، بينما يرى البعض الآخر أن هناك من الظواهر بأن الأنثى تكون أكثر لياقة وبفارق معنوى بإلتهامها للذكر. فقد وجد فى حشرة *Herodula membrancea* أن إحتمال إفتراس الذكر يرتبط بشدة مع النظام الغذائى للأنثى. فالإناث التى تربى على ٠,١ جم وزن جاف من صراصير الغيط فى اليوم (وهو غذاء لا يكفيها) التهمت ١٢ ذكراً من ١٤ حالة. بينما تلك التى تمد بـ ٠,٤٢جم وزن جاف من صراصير الغيط فى اليوم التهمت ذكراً واحداً فقط من ٥ حالات، وكنتيجة لذلك كانت القدرة التناسلية (مقدرة بوزن كتل البيض) للإناث فى الحالة الأولى أعلى معنوياً من إناث الحالة الثانية. أيضاً لوحظ أن الذكور تتعامل بمنتهى الحرص فهى تقفز على ظهر الأنثى حريصة بأن لا تمسك الأنثى بها.

المغازلة كمصدر للصفات التقسيمية

يسبب التفاوت الواسع فى الذنابير الطفيلية تحديات كبيرة لعلماء التقسيم. قد تقدم العروض الخاصة بالسلوك التغازلى صفات خاصة مميزة لكل نوع. إذ تشتمل على مجموعة من الحركات التى يمكن إستخدامها فى أغراض التعريف. على سبيل المثال، كان يعتقد لفترة طويلة أن الطفيل

Muscidifaurax هو جنس وحيد المظهر يتبعه نوع واحد فقط وهو *M. raptor*، لكن أثبتت الإختلافات فى السلوك التغازلى أن هناك ثلاث أنواع أخرى قريبة sibling species لهذا النوع، متمثلة فى حركة قرون الإستشعار، والفترات بين دورات المغازلة المتتابعة. وجدت نفس الحالة أيضاً فى طفيل *Nasonia vitripennis* إذ أمكن تمييز ثلاث سلالات لهذا النوع إعتماداً على سلوك المغازلة.

ثانياً: سلوك التغذية Feeding Behaviour

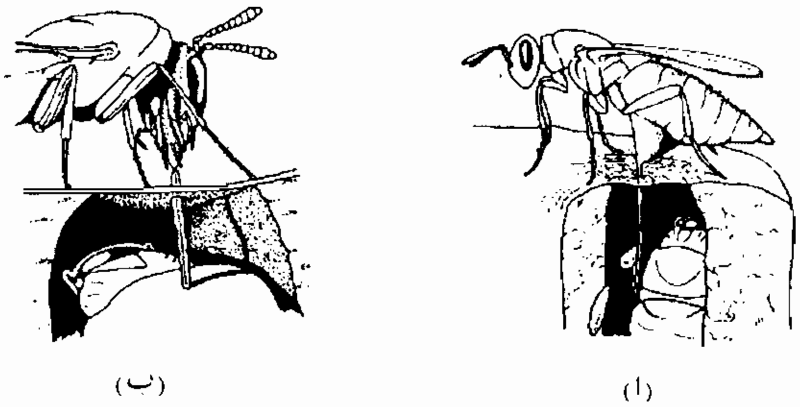
١- سلوك التغذية فى الطفيليات

من المعروف أن الغذاء ضرورى لكل الكائنات الحية بما فيها الطفيليات والمفترسات. تستطيع الحشرات الكاملة لبعض الطفيليات أن تتزاوج وتضع بيضاً داخل معامل الأبحاث دون أن تتناول غذاءً وربما يكون ذلك إضطرارياً لإشباع غريزة التكاثر. هناك العديد من المواد الغذائية التى تستخدم معملياً لتغذية الطفيليات مثل عسل النحل المخلوط ببروتين وكذلك المحاليل السكرية المركزة أو المخففة.

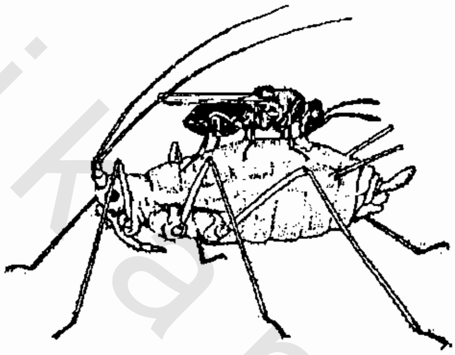
أ- التغذية على العائل (التغذية الحيوانية)

من المعروف أن إناث العديد من الطفيليات مستمرة تكوين البيض synovigenic parasitoids لا تتطفل فقط على عوائلها بل تتغذى أيضاً عليها. تمد هذه التغذية إناث الطفيليات بمواد بروتينية لضمان إستمرار إنتاجها للبيض. فى بعض الأنواع الطفيلية، قد تسبب هذه التغذية قتل العائل وهو ما يطلق عليه التغذية المهلكة للعائل destructive host feeding مما يجعله غير مناسب لوضع البيض. وحتى فى تلك الطفيليات التى تستنفذ - بتغذيتها - كمية قليلة من محتوى العائل أى التغذية غير المهلكة له non-destructive host feeding، فإن القيمة الغذائية للعائل اللازمة لنمو نسل الطفيل تكون قليلة وقد لا تضع الأنثى فيه أو عليه البيض على الإطلاق (أو تضع عدداً قليلاً جداً منه فى حالة الطفيليات الجماعية). يعتبر هذا سلوك إفتراسى من وجهة نظر المكافحة البيولوجية. تنتشر هذه الظاهرة فى طفيليات رتبة غشائية الأجنحة ولم يتم تسجيلها فى طفيليات رتبة ذات الجناحين حيث لا تمتلك إناث هذه الطفيليات آلة وضع بيض حقيقية قوية كما فى رتبة غشائية الأجنحة. ومن أمثلة تلك الطفيليات ما هو موجود فى الطفيل الخارجي الجماعي *Goniozus legneri* التابع لعائلة Bethylidae المتطفل على فراشة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella*، ودودة ورق الزيتون *Palpita unionalis* وكذلك دودة اللوز القرنفلية

Pectinophora gossypiella حيث تمتص الإناث سائل العديد من يرقات عائلها لإنضاج البيض. توجد هذه الظاهرة أيضاً فى الطفيل *Nasonia vitripennis* المتطفل على عذارى الذباب، وفى الطفيل *Dibrachoides dynastes* (Pteromalidae) الذى يتطفل على عذارى سوسة البرسيم *Hypera postica*، وفى الطفيل *Habrochytus cerealella* المتطفل على يرقة فراشة الحبوب (شكل ٣:١٠)، والطفيل *Aphidencyrtus aphidovorus* المتطفل على المن *Macrosiphum cornelli* (شكل ٣:١١). وقد وجد أن طفيليات الذباب الأبيض من جنسى *Encarsia* و *Eretmocerus* تقوم بالتغذية على العائل كمصدر رئيسى للغذاء. ومن المهم جداً الإشارة إلى أنه وجد أيضاً أن هذا السلوك هام جداً فى ضبط تعداد الذباب الأبيض فى الطبيعة بل أنه يفوق، فى بعض الأحيان، عملية التطفل نفسها. تتكون ثقوب التغذية feeding punctures إما فى بيض أو يرقات (شكل ٣:١٠) أو عذارى أو الأطوار الكاملة (شكل ٣:١١) لهذه العوائل، وعلى وجه التحديد فى الطور الذى تهاجمه أنثى الطفيل. فى حالة طفيليات *Nasonia* وكذلك *Dibrachoides* فإنه يحدث أن تتجول الأنثى باحثة بقرنى إستشعارها عن أنسب مكان تغرس فيه آلة وضع البيض وغالباً ما يكون أضعف مكان وهو الأغشية البينية intersegmental membrane الموجودة بين حلقات الجسم. تدفع الأنثى آلة وضع البيض فى هذا المكان المناسب من جسم العائل ثم تحركها حركة دائرية لمده دقيقتين إلى ثلاث دقائق ثم تسحبها إلى الخارج بحيث لا يبقى إلا نهايتها الطرفية المدببة فقط داخل العائل. يتبع ذلك إفراز سائل أبيض اللون يصل بين جدار العذراء من الداخل والسطح الخارجى لمحفظة العذراء puparium أو الشرنقة cocoon ويتجمد هذا السائل فى نصف دقيقة فقط. تدفع الأنثى بآلة وضع البيض ثانية داخل تلك المادة المتجمدة حتى تثقب جسم العذراء ثم تسحبها ببطء مرة آخرى تاركة خلفها أنبوبة مفتوحة الطرفين أحد طرفيها فى جسم العذراء والطرف الآخر أعلى سطح الشرنقة أو محفظة العذراء. وتلك هى أنبوبة التغذية feeding tube التى من خلالها تمتص أنثى الطفيل سائل العائل بواسطة أجزاء فمها. يكون للغدد الإضافية accessory glands دوراً فى تكوين هذه الأنبوبة من خلال إفراز السائل الأبيض.



شكل (١٠:٣) يوضح شكل أنثى الطفيل *Habrochytus cerealella*: (أ) أثناء وضع البيض على يرقة فراشة الحبوب، (ب) أثناء التغذية على سائل يرقة العائل من خلال أنبوبة التغذية التى صنعتها بواسطة آلة وضع البيض (فولتون Fulton ، ١٩٣٣).



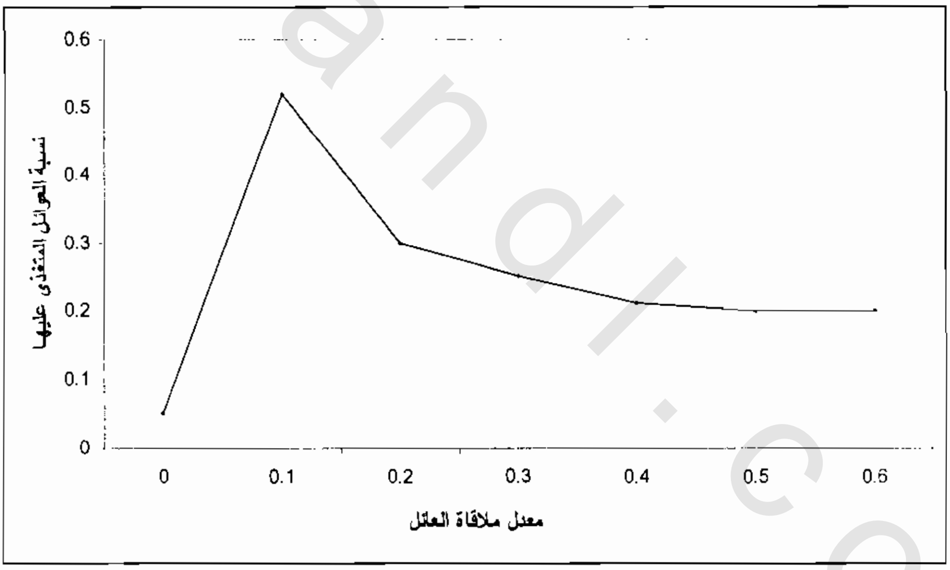
شكل (١١:٣) يوضح شكل أنثى الطفيل *Ahidencyrtus aphidovorus* أثناء التغذية على السائل المنبثق من جسم عائله *Macrosiphum cornelli* نتيجة الثقب المتكون من آلة وضع بيض الطفيل (جريسوود Griswood ، ١٩٢٢)

يعتبر هذا النوع من الغذاء النتروجينى هام وضرورى لإناث الطفيليات لإنضاج البيض قبل وضعه وقد ثبت ذلك بالفعل فى طفيل *Nasonia vitripennis* الذى يتطفل تطفلاً خارجياً على عذارى الذباب، إذ لا تضع أنثى الطفيل بيضاً قبل أن تتغذى على سائل عائلها، وعندما تمنع الظروف البيئية إناث الطفيليات من هذا الغذاء (وقت ندرة العائل)، تضمحل مبايضها بما فيها من بيض ويعاد امتصاص البيض مرة أخرى ويعود الطفيل ثانية إلى الغذاء الكربوهيدراتى (مثل رحيق الأزهار والندوة العسلية).

فى بعض الحالات، قد يحدث أن تتغذى أنثى الطفيل على عائل سبق أن وضعت فيه بيضاً ومن أمثلة ذلك، ما وجد فى الطفيل *Ephialstes instigator* حيث تحدث الأنثى ثقوباً فى عذارى عائلها كما سبق شرحه ولكن قبل ذلك تكون الأنثى قد وضعت بيضها على تلك العذارى مما يعرض ذريتها للهلاك ومما يوضح قلة التطور والرقى في هذا الطفيل عند مقارنته بسلوك غيره من الطفيليات مثل الطفيل *Goniozus legneri*.

يعتمد قرار التغذية على العائل أو وضع بيض فيه على عدد البيض الناضج الذى تحمله أنثى الطفيل أو بمعنى أخر حمل البيض egg load. من المتوقع أن الأنثى ذات الحمل الثقيل من البيض الناضج سوف تكسب من وضع بيضها فى أو على العائل أكثر من التغذية عليه، ولو أن هذا السلوك لا يتضح تماماً فى حالة العوائل صغيرة الحجم. أما فى حالة الإناث التى تكون قد إستنفذت بيضها الناضج فسوف تكسب أكثر من تغذيتها على العائل. وبوضوح كامل، فإن قرار التغذية على العائل يتوقف ديناميكياً على الحالة الداخلية لأنثى الطفيل وعلى عمر الأنثى إذ أن فترة حياة الأنثى تتناقص مع العمر.

ومن المتوقع فى سلوك التغذية المهلكة للعائل أن نسبة العوائل المتغذى عليها بواسطة أنثى الطفيل تزداد مع تناقص العوائل المتاحة (شكل ٣:١٢).



شكل (٣:١٢) يوضح العلاقة بين معدل ملاقاة العائل وإحتمالات التغذية عليه (تشان وجودفراى Chan and Godfray، ١٩٩٣).

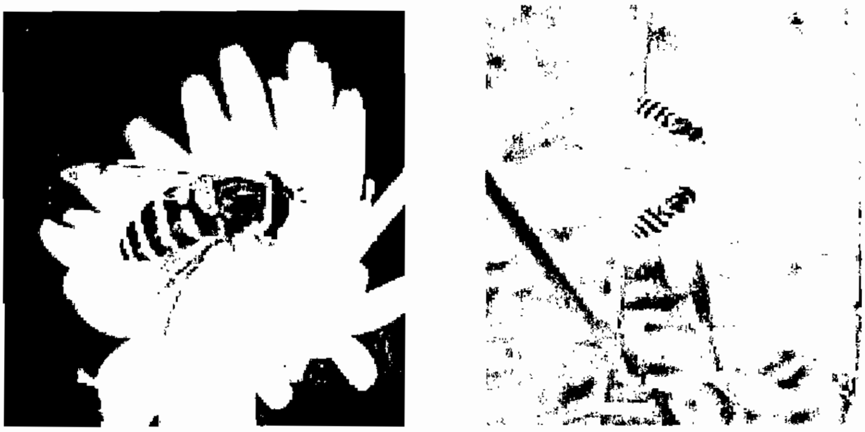
وإستناداً على أن الكفاءة واللياقة فى وضع البيض تتفاوت وفقاً لطور العائل، فإنه من الممكن أن يكون القرار الخاص بالتغذية على العائل أو وضع البيض فيه أو عليه يعتمد أيضاً على طور العائل. وقد أظهرت النتائج الخاصة بالتغذية المهلكة للعائل ميول الإناث فى التغذية على أطوار العائل المبكرة وتفضيل وضع البيض داخل أو على الأطوار المتقدمة. هذا وترتبط نفس هذه العلاقة أيضاً بأحجام العائل المتفاوتة.

أخيراً يمكن القول أن ظاهرة التغذية على دم العائل أو بمعنى أدق ظاهرة إفتراس العائل التى تلاحظ فى عديد من أنواع الطفيليات الكاملة من رتبة غشائية الأجنحة ما هى إلا إبقاء على عملية الإفتراس فى مظهرها الأولى والتى نشأت عنها ظاهرة التطفل.

ب- التغذية النباتية Phytophagy

ترتاد عديد من أنواع الأعداء الطبيعية الحشرية، فى مرحلة من مراحل دورة حياتها، مواد نباتية إضافة إلى المواد الحشرية متغذية عليها، إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. فى التغذية المباشرة تلتهم هذه الأعداء الطبيعية رحيق الأزهار، وحبوب اللقاح (شكل ١٣:٣)، البذور (إما كلها أو أنسجة منها)، وبدرجة أقل شيوعاً على عصارة النبات (متضمنة عصارة الثمار)، والجراثيم الفطرية. أما فى التغذية غير المباشرة فتلتهم تلك الحشرات الندوة العسلية التى تفرزها حشرات المن والبق الدقيقى، والحشرات القشرية والذباب الأبيض التى تتغذى بدورها على النباتات.

يكون هذا هو الحال أيضاً للمفترسات التى تتغذى كواملها فقط تغذية نباتية مثل ذباب السرفس وأسد المن. لوحظ فى مفترس أبو العيد ذى الإحدى عشر نقطة *Coccinella undecimpunctata* أن كل من يرقاته وحشراته الكاملة تلتهم رحيق الأزهار. وبالنسبة للطفيليات، فكواملها، بصفة عامة، هى التى تتغذى تغذية نباتية فيما عدا بعض أنواع من عائلة Eurytomidae تكون كواملها مثل يرقاتها متغذيات حشرية نباتية Entomophytophagous تنمو فى البداية كطفيليات ثم تكمل نموها بالتغذية على أنسجة النبات.



شكل (١٣:٣) يوضح ذباب السرفس أثناء زيارته لأزهار النباتات من أجل التغذية.

تهتم معظم الدراسات التى تتناول السلوك السروحى فى الطفيليات أو المفترسات وكذا ديناميكيات التعداد ، فقط بالعلاقات بين العدو الطبيعى وعائله أو فريسته متجاهلة تماماً علاقاتها بمصادر التغذية الأخرى غير العائل أو الفريسة مثل علاقاتها مع الندوة العسلية مثلاً والتى تؤخذ فى الإعتبار فقط عند دراسة دورها الذى تلعبه ككيرومون عند مقابلة الفريسة أو العائل وليس دورها كمصدر غذائى. وبالمثل أيضاً فهناك معلومات كثيرة عن مدى أنماط الفرائس والعوائل التى تهاجم بالأعداء الحيوية مقارنة بتلك المتعلقة بأنماط المواد النباتية التى يمكن أن تلتهمها مثل تلك الحشرات. وهذا شئٌ متوقع طالما أن المشتغلين فى هذا المجال إما أنهم يتجاهلون دور مثل تلك المواد النباتية فى بيولوجية وإيكولوجية الأعداء الطبيعية، أو بميلهم إلى النظر إلى هذه المسألة على أنها مسألة سطحية مقارنة بما هو أهم حول دور هذه الأعداء الحيوية كمتغذيات حشرية. ومع ذلك، فإن هذا يعتبر تجاهلاً واضحاً طالما أن التغذية على هذه المواد النباتية من العوامل الهامة فى نمو ومعيشة وإنتاجية هذه الأعداء الطبيعية. والأكثر من هذا فإن فعالية المفترسات والطفيليات كعناصر لضبط التعدادات الحشرية يعتمد بدرجة كبيرة على نوعية الأغذية غير الحشرية وإمكانية الحصول عليها.

ما هى المواد النباتية التى تتغذى عليها الأعداء الطبيعية وما مصادرها ؟

هناك نقص فى المعلومات المتعلقة بمدى المصادر النباتية التى ترتادها، بغرض التغذية، معظم المفترسات وغالباً كل الطفيليات. وتعتبر الأزهار من أكثر المصادر الغذائية التى نالت حظاً من تلك الدراسات.

وهناك العديد من النقاط التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند مراجعة الدوريات التى تناولت زيارة الأعداء الطبيعية للأزهار مثل:-

١- لا يوضح بعض الباحثين ما هى المواد النباتية التى يتم التغذية عليها بواسطة الحشرة (رحيق أزهار أم حبوب لقاح أو كليهما) إذا كانت فعلاً تتغذى عليها. يمكن أن تزور الأعداء الطبيعية الأزهار إما صدفة أو لأغراض أخرى غير التغذية مثل الإحتماء sheltering أو تقابل للتزاوج أو ملاقاة عوائلها أو فرائسها.

٢- لا يذكر بعض الباحثين جنس sex الحشرات الزائرة مما يقلل من القيمة العلمية للمعلومة.

٣- فى بعض الأحيان قد يكون تعريف الحشرات الزائرة غير دقيق، وخصوصاً فى المراجع القديمة المتعلقة بالطفيليات، والتى يكتنفها كثيراً من الخطأ من الناحية التقسيمية.

يمكن تتبع الحشرات الزائرة إما بالملاحظة المباشرة لها direet أو الوسائل غير المباشرة indirect.

الوسائل (الملاحظة) المباشرة:

يمكن بسهولة ملاحظة الحشرات بما فيها الأنواع الطفيلية الصغيرة جداً فى الحجم (مثل معظم عائلة Cynipidae, Chalcididae) أثناء زياراتها للأزهار. ويجب أن يلاحظ تماماً فيما لو أن هذه الحشرات تقوم بالتغذية فعلاً أم لا، على الأقل فى حالة الرحيق المكشوف أو المعرض exposed floral nectars (كما هو الحال فى نوع النبات *Hedera helix* ونباتات العائلة الخيمية Umbelliferae)، والأزهار التى تفتقر إلى الرحيق (كما هو الحال فى عديد من الحشائش). فلو أن الحشرات قد أمكن رؤيتها (بالعين المجردة أو بواسطة عدسة) وهى تستعمل أجزاء فمها للتغذية على الرحيق أو حبوب اللقاح، فهذا دليل واضح على القيام بعملية التغذية. هذا ولابد من الحرص الكامل عند ملاحظة تلك الأنواع الحشرية التى تلامس بأجزاء فمها الندوة العسلية دون الإغتذاء عليها، كما فى الطفيليات التى تستعمل الندوة العسلية ككيرومونات تهتدى به إلى عوائلها. هناك العديد من الطفيليات والمفترسات التى تتغذى على رحيق الأزهار أو حبوب اللقاح مثل بق الزهور، والنمل، واليرقات والحشرات الكاملة لأسود المن، وأبو العيدات، والمفترسات من عائلتى Sphecidae,Vespidae. فى حالة النباتات ذات رحيق الأزهار المغطى coneealed، يكون من الصعب تحديد فيما لو أن التغذية قد أخذت مكانها وعلى أى من المواد قد تمت التغذية، بالرغم من إنه فى بعض الحالات يمكن إستنتاج ذلك من سلوك الحشرة. فعلى سبيل المثال، فى نبات

Ranunculus repens وغيره من الأنواع القريبة يوجد الرحيق فى قاعدة البتلات مغطى بشفة ترفع بواسطة رؤوس الطفيليات الصغيرة الحجم للتغذية على الرحيق.

يمكن أن يفسر نشاط الطفيليات غشائية الأجنحة صغيرة الحجم الزائرة للأنماط الأخرى من الزهور على أنه سلوك للبحث عن الرحيق. على سبيل المثال، فى حالة زهور النباتات *repens Convolvulus* ، *Calystegia sepium* تزحف الطفيليات وحشرات النمل إلى أسفل من الممر الضيق المتواجد فى قاعدة التويج لتصل إلى مكان رحيق الأزهار.

فى عديد من النباتات التى تمتلك أزهاراً ذات رحيق أزهار مغطى وخصوصاً الأنواع ذات التويج الضيق (على سبيل المثال أنواع من العائلة المركبة Compositae) يكون من الممكن، فى بعض الحالات، التأكد مباشرة من المواد التى تتغذى عليها الحشرة (ليس هذا هو الحالة العامة مع طفيليات غشائية الأجنحة). إذ يمكن أن نستنتج ذلك من تركيب أجزاء فم الحشرة أو من سلوك الحشرة. فعلى سبيل المثال، تمتلك بعض الحشرات مثل الذباب من عائلات Tachinidae, Nemestrinidae وبعض الأنواع من عائلة Conopidae خرطوماً طويلاً إسطوانى الشكل مما يدل على إنها لا تبحث عن أى مادة أخرى سوى الرحيق فى الأزهار التى تزورها. وهذا هو الحال أيضاً فى عديد من طفيليات غشائية الأجنحة التى لها أجزاء فم متطاولة (على سبيل المثال أنواع من أجناس *Lapton* ، *Gonolochus* (من عائلة Ichneumenidae) وأجناس *Agathis* ، *Chelonus* (من عائلة Braconidae) وغيرها من الطفيليات التى تظهر تحورات أخرى فى أجزاء فمها للتغذية السائلة.

الوسائل غير المباشرة:

عندما لا يكون متاحاً ملاحظة الحشرات المتغذية على الرحيق أو حبوب اللقاح، يلزم البحث عن وسائل أخرى. يمكن عن طريق فحص سطح جسم الحشرة الزائرة بما فيها أجزاء الفم، الوقوف على وجود حبوب اللقاح. لكن ليس من الضرورة أن يبرهن هذا التواجد، حتى لو كان بأجزاء الفم، على أن الحشرة قد التهمت حبوب اللقاح بذاتها إذ يمكن أن تكون الحشرة قد تلوثت بتلك الحبوب أثناء تجوالها بين الأزهار بحثاً عن الرحيق. كما يلاحظ أيضاً أثناء جمع الحشرات الزائرة للفحص أن تعزل انفرادياً لمنع التلوث contaminated فيما بينها لو وضعت الحشرات مع بعضها. يمكن أن يفحص سطح الحشرة أيضاً للوقوف على تواجد الجراثيم الفطرية. إلا أن تواجد

مثل هذه الجراثيم لا يدل بالضرورة على أن الحشرة تتغذى على الفطر، فقد تلتصق مثل هذه الجراثيم صدفة بجسم الحشرة أثناء تجوالها بين الأجزاء الثمرية.

أيضاً يعتبر تشريح القناة الهضمية من إحدى وسائل تتبع وجود حبوب اللقاح. فقد أستعمل هذا التكنيك مع ذباب السرفس وطفيليات غشائية الأجنحة وخنافس أبو العيد وأسود المن. وحيث أن الأغطية الخارجية لحبوب اللقاح ذات تراكيب صلبة يبقى جزء من تراكيبها الأصلية فى المعدة دون هضم ويمكن من خلاله التعرف على مصدره النباتى، ومن أمثلة ذلك ذباب السرفس الذى لا يستطيع طحن grind حبوب اللقاح.

ويعتبر التفريد الكهربائى electrophoresis لمحتويات القناة الهضمية من إحدى الوسائل الفعالة فى تتبع وجود حبوب اللقاح فى أغذية مفصليات الأرجل. هذا ويلاحظ أن اكتشاف أغلفة حبوب اللقاح فى القناة الهضمية لمفترس أو طفيل ما لا يعنى بالضرورة أن الحشرة قد تغذت مباشرة على مصادره (متك الزهرة anthers)، إذ ربما سقطت حبوب اللقاح من المتك وإختلطت فى الرحيق أو الندوة العسلية. فى بعض الأنواع، فإن إستهلاك consumption الرحيق أو الندوة العسلية تكون هى الوسيلة الوحيدة للحصول على حبوب اللقاح اللازمة لتكوين البيض. أيضاً فى بعض المفترسات مثل الخنافس الأرضية Carabidae تدخل حبوب اللقاح إلى قنواتها الهضمية من خلال فرائسها.

وليس من الضرورة أن تختلط trapped حبوب اللقاح بالندوة العسلية أو الرحيق حتى تحصل عليها الحشرة، إذ أن حبوب اللقاح التى تستقر على أسطح أوراق النبات تلتهم عمداً بواسطة بعض الحشرات مثل الحشرات البالغة لذباب السرفس *Xylota*.

أصبح من المؤكد إمكانية الكشف عن وجود الندوة العسلية فى القناة الهضمية للنمل كيميائياً بإستخدام إختبار أنثرون Anthron Test. حيث تجرش المعدة جيداً وتسخن مع الأنثرون (9-oxyanthracene) فى حمض الكبريتيك. إقتصرت هذه الطريقة على النمل فقط ولم تستخدم بالنسبة لغيرها من الحشرات. وبسبب هذه الإجراءات المعملية فلا يمكن تطبيقها خارج نطاق المعمل. ولذا ينصح بإستخدام إختبار Cold Anthron (فان هاندل Van Handle عام ١٩٧٢م) تحت الظروف الحقلية وقد استخدم هذا التكنيك أساساً للكشف عن جزئيات من الفركتوز فى القنوات الهضمية للذباب المتغذى على الدم haemophagous flies، لكن أمكن إستخدامه بالنسبة لحشرات أخرى. والهدف من هذا التكنيك هو أنه لو أمكن تتبع جزئيات سكر الفركتوز فى القناة الهضمية فإن هذا يعتبر دليلاً على إنها تغذت على مواد غنية به مثل الندوة العسلية والرحيق. ومن مزايا

الإختبار الأخير أنه بسيط وسريع ويمكن تطبيقه على عديد من الحشرات ويعتبر التكنيك الوحيد لإختبار السكر نوعياً qualitative تحت الظروف الحقلية. لكن لا يسمح هذا التكنيك بالتمييز بين الندوة العسلية والرحيق. ولذا فإن التكنيكات الكروموتوجرافية chromatographic techniques تستخدم لتحديد السكريات الموجودة فى أمعاء الحشرة. فعلى سبيل المثال إذا تواجد السكر الثلاثى ميليزيتوز melezitose من العينة المأخوذة من الحشرة فهذا دليل على أنها تغذت على ندوة عسلية.

ومن أبسط الوسائل غير المباشرة لتحديد فيما لو أن الأعداء الطبيعية قد إلتهمت ندوة عسلية أو رحيق أزهار هو تعليم mark مصادر الغذاء المحتمل زيارتها بالصبغات أو أى ملون آخر marker، ثم تختبر القنوات الهضمية للحشرات للكشف عن وجود مادة التعليم. إلا أنه يوجد مشاكل مصاحبة لهذا التكنيك منها:

١- من الضرورى إستخدام مادة التعليم marker لرحيق عدد كبير من أنواع الأزهار ولأكبر عدد من أماكن الندوة العسلية.

٢- يجب التأكد من أن المادة المستخدمة فى التعليم ليست سامة وليست طاردة.

هل تظهر الأعداء الحيوية تخصصاً فى مصادر الغذاء النباتية التى ترتادها ؟

بصفة عامة، يمكن توقع درجة من السلوك التخصصى بين الأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، فإن الأنواع الحشرية من ذباب السرفس ذات الخرطوم القصير تكون غير قادرة على ارتياد رحيق الأزهار ذات التويج الطويل. وبنفس الشئ، مع بعض الإستثناءات، تكون معظم الطفيليات من عائلة Ichneumonidae كبيرة الحجم وتفتقر غالباً إلى أجزاء الفم الطويلة ولذا يمكن إستبعادها من إمكانية إرتياد رحيق النباتات ذات التويج الطويل الأسطوانى الضيق مثل زهور العائلة المركبة Compositae وأيضاً الأزهار ذات التويج العريض والتى يكون رحيقها مقفلاً فى نهاية الممر الضيق للتويج مثل زهور العائلة الخبازية Convolvulaceae.

قد يكون من الممتع أن يربط ما بين الجذب النسبى لأنواع الزهور المختلفة للأعداء الطبيعية وبين تشريح الزهرة ومورفولوجياً أجزاء فم الحشرة. تم ذلك تجريبياً فى بعض أنواع طفيليات غشائية الأجنحة ، وكان من الصعوبة بمكان الربط ما بين معدل إنجذاب الطفيليات وتشريح زهرة النبات. أن مدى أنواع الزهور التى تزورها الحشرات الكاملة لذباب السرفس محدود نسبياً بسبب تركيب الزهرة من جانب ولونها من جانب آخر. ويرى البعض أن اللون

والرائحة هما القاعدة الأساسية لإنتقاء selection الزهور بواسطة هذا الذباب. تتفاوت أنواع ذباب السرفس فى إنتقائها للأزهار، فالبعض منها يرتاد نوعاً واحداً من الزهور أو أنواعاً محدودة للغاية، والبعض الآخر يرتاد عدداً كبيراً منها مثل النوع *Episyrphus balteatus*، ويستخدم المصطلحين عام generalist، متخصص specialist على هاتين المجموعتين من الحشرات.

إن تفضيل نوع من الحشرات لنوع معين من الزهور يمكن أن يتبدل altering لعدة أسباب منها:

١- حدوث إستجابة للحشرة تجاه تغيير أفضلية نوع معين من النباتات التى تدخل فى نطاق تغذيتها وذلك لسبب أو لآخر، منه إرتياد بعض الحشرات المنافسة لهذا المصدر من الغذاء أو لتغيير فى وفرة الزهرة وتوزيعها خلال الموسم أو تغيير فى معدل إفراز الرحيق أثناء النهار.

٢- تغيير فى المتطلبات الغذائية للحشرة ذاتها خلال دورة حياتها، فعلى سبيل المثال تحتاج الإناث حبوب لقاح اساساً أثناء فترات نمو مبايضها وترسيب المح.

٣- طالما أن الرحيق ليس مصدراً للطاقة فقط (سكريات) بل للمواد النيتروجينية أيضاً (يوجد الأحماض الأمينية فى رحيق عديد من الأزهار)، فإن التفضيل preference يمكن أن يعتمد أيضاً على المحصلة النهائية للإستفادة acquisition من تلك المواد.

٤- قد يكون للتفضيل قواعد أكثر تعقيداً مثل العلاقة بين تركيز كل من السكر والنيتروجين فى الرحيق.

٥- يمكن أن تتغير المفاضلة خلال الموسم.

٦- يمكن أن تتفاوت الأنواع المختلفة من النباتات فى معدل انتاجها لحبوب اللقاح أو الرحيق وأيضاً فى محتوياتهما البيوكميائية.

يتضح من هذا أن هناك العديد من التغيرات التى تسهم فى مفاضلة الزهور مما يجعل موضوع الإختيار لها من الأمور غاية الصعوبة خصوصاً إذا كانت الحشرة تستفيد من كل من حبوب اللقاح والرحيق. ولا يخفى أهمية التفضيل الزهرى بالنسبة للأعداء الطبيعية لما للتغذية النباتية من تأثير هام على ديناميكية تعداداتها، وبالتالى على معدلات تأثيرها على الآفات الحشرية. فمن المعروف فى عديد من برامج المكافحة البيولوجية أن مستويات التطفل أو الإفتراس يمكن تشجيعها بزراعة الحشائش المزهرة داخل أو حول المحصول النباتى المراد مقاومة الحشرات فيه، ومن هنا تظهر أهمية دراسة التفضيل الزهرى بالنسبة لتلك الأعداء

الطبيعية. ومن المهم أيضاً أن نربط مابين معدلات التغذية على مختلف حبوب اللقاح والرحيق وتأثيراتها على كفاءة ولياقة الحشرة وبصفة خاصة فيما يتعلق بعمرها وقدرتها الإنتاجية وبالتالى كفاءتها البحثية.

١- تغذية الطفيليات والمفترسات على حبوب اللقاح والرحيق

تلعب الكيميائيات ذات الأصل النباتي دوراً هاماً في التخصص العائلي وإختيار العائل في الحشرات المتغذية على النباتات، وكذلك تؤثر على قابلية أو مقاومة النباتات للحشرات. هناك مفهوم تم صياغته بواسطة العالم فرانكل Fraenkel على أن الكيميائيات المسئولة عن إنجذاب، وطرد واستحداث التغذية بواسطة الحشرات المتغذية على النباتات هي المواد النباتية الثانوية Secondary plant metabolites، وهى مجموعة من مركبات غير متشابهة لا يعرف لها دور محدد فى نمو النبات أو فى عملية التمثيل الغذائى ومنها مركبات Terpenoids، Alkaloids، Quinones، Essential oils، وقد تختلف العوائل النباتية لنوع أو جنس أو حتى عائلة حشرية من وجوه عدة ولكنها تشترك فى علاقة محددة مع مواد ثانوية خاصة بالنوع أو الجنس أو العائلة. ولهذه المواد النباتية الثانوية مجموعة من التأثيرات على سلوك الحشرات تقع فى قسمين:-

١- **تأثيرات فورية:** وهى أساساً إنعكاس على سلوك المستقبل. على سبيل المثال، ينجذب الطفيل الأولى لمن الكرنب للسنجرين (مادة ثانوية) التى تجذب العائل الحشرى للكرنب. كذلك لا تبدأ أناث فراشات جنس *Polyphemus* فى نداء الذكر للجماع إلا بعد تنبيهها بمادة تتسامى من عائلها النباتى وهو البلوط.

٢- **تأثيرات مؤجلة:** وهى غالباً فسيولوجية تحوى شذوذاً فى مظاهر الإنشاء developemnt أو حدوث تسمم أو تغييرات هرمونية. على سبيل المثال توجد نباتات لا تتعرض إلا لهجوم محدود لإحتوائها على مواد ذات طبيعة هرمونية مثل ألفا إكديسون α ecdysone أو هيدروكسى أكديسون hydoxy ecdysone وهما هرمونين رئيسيين للإنسلاخ وهى مواد تعمل كمضادات للتغذية ويكون لعدد محدود من الحشرات القدرة على تجاوز أثرها لإحتوائها على إنزيمات مضادة للتسمم detoxication وهى ميزة لا تتوافر لدى الحشرات متعددة العوائل.

وبذا فإن هذه المواد الثانوية الموجودة فى النباتات هى المطلوبة أيضاً للنمو والتكاثر لتلك الحشرات العاشبة المتغذية عليها، كما أن آكلات الحشرات تحتاج هى الأخرى لنفس هذه المواد التى تلعب دور الكيميائيات الوسيطة فى عملية البحث عن العائل.

تكون المواد النباتية الأولية primary plant metabolites مثل السكريات والأحماض الأمينية والدهون الموجودة في حبوب اللقاح والرحيق وكذلك في الندوة العسلية هي مصدر هام للطاقة لكثير من الحشرات الطفيلية والمفترسة بالإضافة إلى إعتماد عدد ليس بالقليل منها على الرحيق وحبوب اللقاح إلى جانب الندوة العسلية في إنتاج البيض. هناك علاقة وثيقة بين الرحيق الإضافى extrafloral nectarines في أكثر من ٦٨ عائلة نباتية والحشرات المتغذية على الحشرات.

من المهم القول أن المواد النباتية لها دور هام في مجال المكافحة البيولوجية. وبفرض أنه ليس هناك أعداء طبيعية في الوسط المستهدف فيه مكافحة آفة معينة نظراً لاستخدام النباتات المقاومة لها، ولكن الحقيقة أن الأعداء الطبيعية للآفات غير المستهدفة سوف تتأثر سلبياً بالتأكيد عند فقدها أيضاً للكيرومونات التي تعتمد عليها في الوصول لعوائلها.

عند فقد المواد الكيميائية النافعة للأعداء الطبيعية عند إختيار العائل النباتي، فهناك إتجاه سائد الآن وهو إضافة مثل تلك المواد التي فقدت مثل الكيرومونات أو مصدر الطاقة لجذب الأعداء الطبيعية وحجزها في المكان المستهدف، إذ أن إضافة تلك الكيرومونات أو الغذاء لجذب أو حجز الأعداء الطبيعية سوف يزيد بلا شك من الخصوبة الفعلية للأعداء الطبيعية وبالتالي تحسين المكافحة البيولوجية للحشرات أو الأكاروسات.

مكونات رحيق الأزهار Floral nectar composition

كان هناك إعتقاد سائد حتى فترة قريبة أن الرحيق يحتوي فقط على الكربوهيدرات، ولكن بالتطور العلمى في مجال التحليل الطيفى تم التعرف على أحماض أمينية حرة، ودهون، ومضادات للأكسدة، وقلويدات alkaloids، وفينولات phenols، وفيتامينات vitamins، وصابونين saponin، وديكسترين dextrin، وكذلك مواد غير عضوية. تتراوح نسبة السكريات بين ١٥% – ٧٥% من الوزن، وهي غالباً سكروز وجلوكوز وفركتوز. وكانت نسبة السكريات الثنائية (السكروز) أكثر في الأزهار الأنبوبية tubular flowers مقارنة بالسكريات الأحادية hexoses. غالباً ما تكون هذه النسب ثابتة ومتقاربة لنفس النوع، ولكنها مختلفة بين الأنواع. أما بالنسبة للأحماض الأمينية الحرة، فإنها تتواجد في معظم أنواع الرحيق النباتى، وتتراوح نسبتها من ٠,١٩ – ٠,٧٤ ميكرو مول / مل في الأشجار الخشبية والشجيرات، ومن ٠,٣٧– ٤,٦٩ ميكرومول / مل في الأنواع العشبية.

وتتواجد الحشرات مع رحيق يحتوي على تركيزات مختلفة من الأحماض الأمينية، فالرحيق الذي يتغذى عليه الذباب يكون تركيز الأحماض الأمينية فيه ٠,٥٦ ميكرو مول / مل، مقارنة ب ١٢,٥ فقط فى الرحيق المستخدم بواسطة ذباب الجيفة وذباب الروث، أما الرحيق الذي يستخدمه الدبابير والنحل غالباً ما يكون ٠,٩١ و٠,٦٢ ميكرو مول / مل على الترتيب.

تزداد عدد الأحماض الأمينية في الهجن النباتية في الجيل الأول مقارنة بالآباء. وعموماً تتفق معظم الآراء على أن تركيب الرحيق متحكم فيه وراثياً وقلما يتواجد العشرة أحماض أمينية الأساسية في الرحيق وعلى ذلك فانها لا تمد الحشرات بوجبة غذائية متكاملة وعلى ذلك فإن الأعداء الطبيعية غير المفترسة في طورها الكامل تحتاج إناثها لمصدر آخر لإمدادها بالأحماض الأمينية الأساسية غير المتواجدة في الرحيق.

مكونات حبوب اللقاح Pollen composition

هناك ما يقرب من أربعة عشر نوع من السكريات في حبوب اللقاح خاصة السكريات الشائعة. يتواجد النشا في تركيب حبوب اللقاح والذي يتواجد غالباً كبديل للدهون وكمصدر لتخزين الطاقة الهامة لنمو حبوب اللقاح. تتواجد حبوب اللقاح الغنية بالدهون lipid- rich pollens غالباً في الأنواع النباتية التي يكون فيها حبوب اللقاح هي العائد الزهرى floral reward، بينما تكون حبوب اللقاح المحتوية على النشا مركزة في النباتات التي تتلقح ذاتياً أو بالرياح. تتواجد معظم الأحماض الدهنية الأساسية مثل الإستيرولات sterols التي تحتاجها الحشرات في حبوب اللقاح. من الجدير بالذكر أن الترايكوزان Tricosane، وهو يستخدم ككيرومون بواسطة الطفيليات، يتواجد أيضاً في معظم حبوب اللقاح.

يتراوح البروتين الكلي من ٦-٣٥%، وغالباً ما تتواجد معظم الأحماض الأمينية في البروتين بنسب كبيرة باستثناء التريبتوفان Tryptophan وكذلك فينيل الانين Phenylalanine. تختلف نسبة الأحماض الأمينية الحرة في الأنواع المختلفة من النباتات وقد تصل من ٤-٢٠% في أصناف النوع الواحد من النباتات. يتواجد أيضاً كلاً من RNA & DNA. تتراوح نسبة الرماد من ١-٧% وقد يتواجد فى بعض حبوب اللقاح ١٣ نوع من المعادن minerals وكذلك يتواجد فيتامين ب (B) وفيتامين ا (A)، وفيتامين ج (C)، وفيتامين هـ (E). على هذا قد تحتوي بعض أنواع حبوب اللقاح على المواد الغذائية الأساسية والرئيسية للنمو والتكاثر للأنواع المفترسة من الحشرات والأكاروسات، ولكن الطفيليات والحشرات الأخرى غالباً ما تفضل خلط الرحيق بحبوب اللقاح لإنتاج وجبة غذائية متكاملة.

رحيق الأزهار وحبوب اللقاح كمصدر غذائي للحشرات المتغذية على حشرات

تعتمد نسبة ليست بالقليلة من الأعداء الطبيعية، خاصة الحشرية منها، على حبوب اللقاح والرحيق كمصدر غذائي جيد سواء للبقاء (مصدر للطاقة) أو لإنتاج البيض أو زيادة كفاءة الطفيل. ذكر أن وجود مصدر للرحيق أدى إلى زيادة كفاءة الطفيل *Microplitis croceipes* من حيث نسبة التطفل وملاقاة العائل، وكذا الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma koehleri* المتطفل على فراشة درنات البطاطس بصورة ملحوظة. هناك علاقة تطورية وثيقة بين شكل الزهرة، والرحيق، وتركيب حبوب اللقاح وجاذبيتها للحشرات الملقحة والعديد من الأنواع الحشرية النافعة من الطفيليات والمفترسات. تمتلك الحشرات المتغذية على أزهار أنبوبية أجزاء فم طويلة مقارنة بأجزاء الفم القصيرة الموجودة فى الحشرات المتغذية على الأزهار الوعائية Bowl flowers. تظهر العديد من الأعداء الطبيعية، خاصة المتغذية على الحشرات في الطور اليرقي، من رتبتي غشائية وثنائية الأجنحة تطوراً أو تحوراً هاماً جداً فى أجزاء الفم للإستفادة من التغذية على أنواع محددة من الأزهار. على سبيل المثال فى عائلة تاكينيدى (رتبة ثنائية الأجنحة)، والتى تتميز بكونها حشرات طفيلية فى طورها اليرقى، تتحور أجزاء الفم فى الحشرات الكاملة ليناسب تغذيتها. وفى دراسة على ٥١ نوع حشرى من هذه العائلة، تم تقسيمها إلى ثلاث مجاميع وفقاً لثلاث صفات هى طول الخرطوم، وإرتفاع الراس وطبائع التغذية وهى:-

١٨ نوع لها خرطوم طويل وتتغذى على الأزهار.

٩ أنواع لها خرطوم متوسط وتتغذى على الأزهار والرحيق الإضافى والندوة العسلية.

٢٤ نوع لها خرطوم قصير وتتغذى على الرحيق الإضافي والندوة العسلية فقط.

كذلك فإن الحشرات الكاملة لعائلة Sphecidae، وهى مفترسة لحشرات المن فى الطور اليرقى، تتغذى على حبوب اللقاح الهامة جداً لإنتاج البيض. فى الأنواع الكثيفة الشعر من هذه العائلة ذات الخرطوم الطويل تتغذى على الأزهار الحاملة لحبوب اللقاح، بينما فى الأنواع قليلة الشعر ذات الخرطوم القصير فإنها تتغذى غالباً على حبوب اللقاح المحمولة بالهواء Anemophilous pollens. لقد عزى، فى بعض الحالات، زيادة التطفل على سوسة القصب بواسطة أحد الطفيليات التابعة لعائلة Tachinidae فى مزارع القصب إلى تواجد أزهار نباتات بنت القنصل (*Euphorbia* sp.).

هناك العديد من الحشرات الطفيلية التابعة لرتبة غشائية الأجنحة التى تزور الأزهار والتى تعتبر من عوامل المكافحة الحيوية الهامة، (شكل ٣:١٤)، بل أن تواجد الأزهار أدى إلى تنوع

الأنواع الطفيلية فى العديد من الأوساط habitats. تم دراسة أهمية حبوب اللقاح والرحيق على فترة حياة الحشرات الكاملة وكذلك الخصوبة للعديد من الطفيليات فى المعمل.

شكل (١٤:٣) يوضح أحد طفيليات غشائية الأجنحة أثناء التغذية على رحيق الأزهار.

تكون معظم الأنواع التى تتغذى على حبوب اللقاح فى رتبة غمدية الأجنحة ملقحات. تم مؤخراً تسجيل العديد من الأنواع المفترسة التى تتغذى داخل الأزهار مثل عائلات Coccinellidae, Anthicidae, Cantheridae, Cleridae, Meloidae, Melyridae, Rhipphoridae. عند عدم توفر أو ندرة الفرائس، تتغذى معظم أنواع المفترسات على حبوب اللقاح والرحيق كمصدر للغذاء. أما فى أبي العيد *Coleomegila maculata*، وهو مفترس للمن فى طور اليرقة والحشرة الكاملة، تستطيع الأنثى تكملة حياتها بالتغذية على حبوب اللقاح فقط، وكانت حبوب اللقاح التى تؤخذ من النوعين النباتيين *Typha & Juglans* هما الأكثر كفاءة فى ذلك. فى رتبة شبكية الأجنحة، تم تسجيل العديد من الحشرات التابعه لعائلة أسد المن غير المفترسة فى طورها الكامل متغذية على حبوب اللقاح، والرحيق والندوة العسلية. وهو نفس الحال بالنسبة للمفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseidae إذ تتغذى على الرحيق وحبوب اللقاح عند عدم توفر الفرائس.

مكونات الرحيق الإضافي Extrafloral nectar composition

كان من المعتقد أن مكونات الرحيق الإضافى extrafloral nectarines مماثلة لمكونات الرحيق العادى nectars، لكن ثبت حديثاً أن مكونات السكريات الأكثر تواجداً فى الرحيق الإضافى هو السكروز والفركتوز والجلوكوز بالاضافة إلى سبعة أنواع أخرى من السكريات. فى بعض الحالات قد يتواجد السكروز فى الرحيق الإضافى ولا يتواجد فى الرحيق العادى. أوضحت الدراسات أيضاً إختلاف تركيب الرحيق العادى عن الرحيق الإضافى فى الأحماض الأمينية

خاصة مجموعة السيستين cysteine، اللايسين lysine، الأسبرجين asparagine، والتيروسين tyrosine والتى تتواجد بإستمرار فى الرحيق الإضافى مقارنة بالرحيق العادى. كانت نسبة البروتين فى الرحيق الإضافى لنفس النبات ثابتة، أما الأحماض الأمينية غير البروتينية non-protein amino acids فتتواجد غالباً بإنتظام فى الرحيق الإضافي ربما كدليل على إستخدامها ككيميائيات وسيطة Allelochemicals.

جدير بالذكر أن العشرة أحماض الأمينية الأساسية والهامة لنمو الحشرات قد تتواجد جميعها فى الرحيق الإضافى لبعض الأنواع النباتية. بالتاكيد قد تتواجد هذه الأحماض الأمينية الأساسية فى الرحيق لنفس العائل النباتى ولا تتواجد فى الرحيق الإضافي والعكس صحيح. فى حالة رحيق القطن، يغيب واحد أو إثنين من الأحماض الأمينية الأساسية عن مكونات الرحيق. من النادر أيضاً أن يتواجد كل الأحماض الأمينية الأساسية فى الرحيق العادى والرحيق الإضافى ولذلك يكون على الحشرات المتغذية على الرحيق أن تتحصل على الأحماض الأمينية الأساسية الغائبة فى الرحيق من مصدر غذائى أخر مثل الندوة العسلية أو التغذية على الحشرات أو عن طريق مساعدة المعاشرات الدقيقة داخل أجسامها. من المهم أن نذكر أيضاً أن النباتات ذات المحتوى العالى من السكريات فى رحيقها تضمن حراسة النمل لها وقد وجد أن تغذية بعض أنواع النمل على الرحيق لا يكون كاف لتغذية حضنة النمل (اليرقات) وبالتالى تكون مضطرة لاحقاً للتغذية على حبوب اللقاح للحصول على مزيد من الأحماض الأمينية والبروتين.

الرحيق الإضافي كغذاء للحشرات

تعتمد كثير من الحشرات في المناطق المناخية المختلفة على الرحيق الإضافي فى تغذيتها. في المناطق الاستوائية، يتغذى أكثر من ١٠٠ نوع حشري على الرحيق الإضافي الموجود على الأعناق والبتلات لأكثر من ٧٧ جنس نباتي تمثل حوالى ٤٠ عائلة نباتية. كانت أكثر الأنواع من رتبة غشائية الأجنحة ومنها ٢٤ نوع من النمل. في المناطق الحارة، وجد من جنس *Ipomola* عشرة أنواع من النمل، خمسة أنواع من عائلة Vespidae، ونوعين من عائلة Sphecidae متغذية على الرحيق الإضافي. في جزيرة هاواي، وجد ١٩ نوع من غشائية الأجنحة من أصل ٢٦ حشرة متغذية على الرحيق الإضافي لسبعة أنواع نباتية ومنها القطن. بعض الخنافس وأبو العيدات وأسد المن والطفيل البراكونيدي *Macrocentrus ancylivorus* كانت تشاهد متغذية على رحيق الخوخ، إلا أن هذا الرحيق لم يساعد على تكوين البيض في المفترس *Stethorus punctillum*.

الرحيق الإضافي للقطن كمصدر لغذاء للحشرات النافعة

يتواجد الرحيق الإضافي لنباتات القطن على الضلع الأوسط للسطح السفلي للورقة في مربع بين القنابات وقواعد السبلات. يظهر هذا الرحيق فى مراحل النمو المختلفة للقطن ويفرز رحيق الأوراق فى فترة طويلة. يختلف إنتاج رحيق الأوراق خلال اليوم الواحد وتزداد نسبة السكر فى الرحيق فى الصباح، ولكن الإفراز يكون مستمراً ليلاً. يزداد تركيز الفركتوز والجلوكوز عن تركيز السكروز فى رحيق نوعى القطن *Gossypium barbadense* و *G. hirsutum*، وكانت نسب تلك السكريات هى ٣٨، ٤٧، ١٥% على الترتيب فى صنف القطن *G. barbadense* مقارنة بـ ٣٦، ٤١ و ٤١ % على الترتيب فى النوع *G. hirsutum*. ينتج النوع الأول فى الحقل ما يعادل ٠,٦–٣,٨ لتر رحيق /هيكتار/يوم.

يعتبر نبات القطن هو أكثر النباتات على الإطلاق من ناحية دراسة إستخدام رحيقه كمصدر غذائى للحشرات العاشبة أو الأعداء الطبيعية. يعتقد أن هذه الغدد تفرز الرحيق الذى يجذب الحشرات الضارة أولاً ثم يجذب الأعداء الطبيعية لتلك الحشرات الضارة وذلك لنجدة نبات القطن وتخليصها من تلك الحشرات. فى خلال السنوات الأخيرة أمكن إنتاج أصناف قطن خالية من غدد الرحيق الإضافى وقد تم دراسة العلاقة بين الأصناف ذات الغدد وعديمة الغدد من خلال جاذبيتها للحشرات الضارة للقطن وأعدائها الطبيعية.

يتغذى العديد من الحشرات النافعة من طفيليات ومفترسات على الرحيق الإضافى لأصناف القطن، وبالتالى فإن وجود أو غياب الرحيق سوف يؤثر بلا شك على تعداد تلك الحشرات داخل حقول القطن. ثبت أن تعداد الأعداء الطبيعية فى حقول القطن كان ١٧–٣٥% أقل فى الأصناف عديمة الرحيق مقارنة بالاصناف التى تفرز رحيق. كانت بعض المفترسات مثل *Orius insidiousus, Hippodamia convergens, Chrysoperla carnea, Coleomegilla maculate* وكذلك مفترس النابس *Napis* spp. ذات تعداد منخفض فى الأصناف عديمة الرحيق، ولكن بعض المفترسات الأخرى مثل *Chrysoperla oculata, Chrysoperla rufilabris, Micromus sublantics, Scymnus loewii, Scymnus creerus, Diomus terminatus, Collops* sp., *Geocoris punctips* وذباب السرفيس لم يختلف تعدادها على الأصناف عديمة أو ذات الرحيق. بالنسبة للطفيليات، تأثرت فقط طفيليات عائلة Tachinidae وإنخفض تعدادها فى كلا النوعين من القطن. لم يتاثر تعداد الطفيلين *Apanteles marginiventris* و *Cardiochilis migriceps* فى الأصناف عديمة الرحيق أو ذات الرحيق. أما بالنسبة للطفيل *Micropletis croceipes* المتطفل على دودة الدخان

فكانت الحشرات الكاملة تعيش مدة أطول فى المعمل عند تغذيتها على رحيق لأصناف القطن السابق ذكرها. إتضح أيضاً فى تجارب الأقفاص فى الحقل، أن نسب التطفل ازدادت على دودة الدخان فى الأصناف ذات الرحيق مقارنة بالأصناف عديمة الرحيق خلال أربعة سنوات متتالية.

يعتبر الرحيق الإضافى في نباتات القطن مصدر مهم للطاقة بالنسبة للطفيليات الحشرية من عائلات مختلفة مثل Braconidae, Ichneumonidae, Trichogrammatidae والتى تستغل فى كثير من دول العالم في برامج المكافحة البيولوجية لديدان براعم ولوز القطن. وجد أن تعداد هذه الطفيليات كان أعلى مرتين عند المقارنة بأنواع القطن التى لا تحتوى على هذا المصدر للرحيق الغنى بالطاقة والأحماض الأمينية والذى يزيد من فترة حياة كوامل الطفيليات والمفترسات بما يعادل ثلاث مرات، كما أنه يساهم بالتالى فى زيادة التطفل على بيض حشرة دودة اللوز الأمريكية فى الأماكن القريبة من الرحيق الإضافى.

نخلص من ذلك أنه لتربية نباتات القطن المقاومة للآفات مثل التربس، أوالمن أو الحشرات القارضة، قد يكون من المهم جداً أن يكون الغرض هو انتاج أصناف مقاومة عديمة الرحيق. لكن وعلى المدى الطويل فإن وجود الأصناف ذات الرحيق هى مهمة للنمل والحشرات النافعة من طفيليات ومفترسات وبالتالى فإنه من المهم تواجد الرحيق من أجل ثبات وتوازن النظام البيئى الزراعى للقطن.

٢- التغذية على الندوة العسلية

- مكونات الندوة العسلية Honeydew composition

الندوة العسلية هى محلول مائى لزج غنى بالكربوهيدرات و فقير فى البروتين والفيتامينات، يتم إخراجه بواسطة الحشرات الثاقبة الماصة من رتبتى نصفية الأجنحة ومتشابهة الأجنحة Hemiptera & Homoptera المتغذية على لحاء كثير من النباتات. من المعروف أن مثل هذه الحشرات تلجأ الى إخراج هذه الندوة العسلية لضبط نسبة الكربوهيدارت / البروتين بما يتناسب مع إحتياجاتها الغذائية. عند إخراج الندوة العسلية فإنها تنساب على الأوراق السفلى (غالباً السطح العلوى) والبراعم والثمار مما يتسبب فى سهولة نمو فطريات العفن الهبابى (العفن الأسود) مثل *Capnodium citricola* و *Capnodium citri* وبالتالى التقليل من عملية البناء الضوئى، علاوة على أن وجود مثل هذه المواد على ثمار الخضر والفاكهة يقلل من جودة المنتج وتقليل قيمته التسويقية.

تحتوى الندوة العسلية على نسبة كبيرة من الكربوهيدرات وقليل من الأحماض الأمينية (بروتين) وبعض الفيتامينات والأملاح المعدنية إلا أنه ليس هناك ندوة عسلية واحدة تحتوى على كل الأحماض الأمينية العشرة الأساسية essential amino acid – مما يجعلها رغم سهولة الحصول عليها بواسطة الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات وجبة غذائية غير متكاملة. وعموماً ففى مجال المكافحة البيولوجية وجد أن الندوة العسلية لها دور هام وبارز من حيث العلاقة بالأعداء الطبيعية ويمكن أن يكون لها دور غذائى أو دور جاذب كمصدر للكيرومون.

– الندوة العسليه كمصدر غذائى Honeydew as food source

كما ذكرنا سلفاً، فإن الندوة العسلية لا تعتبر وجبة غذائية متكاملة لكثير من الأعداء الطبيعية وذلك لقلة تركيز الأحماض الأمينية إضافة إلى عدم وجود الأحماض الأمينية العشرة الأساسية فى أى من الندوة العسلية منفردة، ورغم ذلك فقد أظهرت الدراسات أن وجود الندوة العسلية وتوفرها فى البيئة الطبيعية للأعداء الطبيعية هو أول المصادر الطبيعية التى يعتمد عليها الأعداء الطبيعية كمصدر غذائى غالباً ما يكون فقط من أجل الأستمرار فى البقاء survive حيث أن كثيراً من الطفيليات أو المفترسات لا تستطيع أن تضع بيضا إلا عند التغذية على عوائلها أو فرائسها أولاً.

وعموماً فقد ثبت تغذية الكثير من المفترسات التابعة لعائلات Coccinellidae, Chrysopidae Cantharidac, بالإضافة إلى النمل ants وطفيليات حشرية تابعة لرتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera (أكثر من ٢٠ عائلة)، وطفيليات تابعة لرتبة ذات الجناحين Diptera مثل عائلات Cryptochetidae & Tachinidae، ومفترسات تتبع نفس الرتبة أيضاً مثل عائلة Syrphidae، Asilidae تستخدم الندوة العسلية كمصدر أولى للغذاء بعد الخروج من العذراء.

فى بعض الحالات قد يتوقف نجاح الطفيليات فى التوطين والتطفل على عوائلها على وجود وفرة من الندوة العسلية فى البيئة المحيطة وبالتالى توفر مصدر الغذاء. على سبيل المثال كان الطفيل *Tiphia matura* ينتقل عبر مسافات طويلة إلى النباتات المصابة بالمن من أجل التغذية على الندوة العسلية. وأن نسبة التطفل على عوائلها – يرقات الخنفساء اليابانية – التى تأويها أيضاً هذه النباتات كانت كبيرة ومعنوية فى المناطق القريبة من الندوة العسلية.

وجد أيضاً أن نجاح إستيراد الطفيليات من جنس *Rhyssa* من أجل مكافحة إصابات حشرة *Sirex* sp. في أستراليا كان يعزى أساساً الى توفر مصادر الغذاء، مثل الندوة العسلية، فى البيئة الطبيعية المحيطة مما أدى الى زيادة فترة حياة الطفيل وزيادة نسبة التطفل. وعلى العكس من ذلك، فقد وجد أن الندوة العسلية كانت غذاءاً فقيراً جداً ولا يكفى الإحتياجات الغذائية لكل من

الطفيل *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashi* والطفيل *Encarsia bimaculata* المتطفلان على الذباب الأبيض مقارنة بالسكروز والفركتوز والجلوكوز.

بالإضافة الى الندوة العسلية الطبيعية، فقد وجد أن معاملة بعض النباتات بندوة عسلية صناعية (غالباً ما كانت سكروز) أدت فى بعض الحالات الى زيادة تحسين السلوك البحثى للطفيليات والمفترسات مثل الطفيل *Micropletis croceipes* حيث وجد أن الطفيليات التى تم تجويعها لمدة يومين وأطلقت فى مساحات يتوفر فيها الندوة العسلية الصناعية (سكروز) أو الرحيق الطبيعى extrafloral nectar كانت تبقى فى هذه المناطق لمدة أطول ومن ثم زيادة نسبة التطفل أكثر منها فى حالة الطفيليات التى لم تتغذى مطلقاً. كذلك وجد زيادة في أعداد مفترسات أسد المن على نباتات الخوخ المرشوشة بمحلول سكرى ١٠% عن تلك التى لم تلق هذه المعاملة (إبراهيم وآخرون ١٩٩١).

٢- سلوك التغذية فى المفترسات

على العكس من الإفتراضات الشائعة، فإن عديداً من المفترسات الحشرية ليست متغذيات عامة، بل أن البعض منها ينتقي فرائسه بطريقة واضحة وجلية. ويمثل المدى الغذائي مكون هام في إيكولوجيا وسلوك المفترسات، وهو أيضاً عنصر أساسي ومحوري في تناول وإستعمال المفترسات في مجال المكافحة المتكاملة. فعلى سبيل المثال، يكون التخصص الفرائسي من العناصر المهمة عند إستعمال المفترسات في كل إتجاهات المكافحة البيولوجية، في الإستيراد كما في الإكثار والتداول. وبصفة عامة، يميل المشتغلون في مجال المكافحة البيولوجية عادة إلى إستعمال أعداء طبيعية متخصصة عائلياً، وعند إختيار الأعداء الطبيعية، فغالباً ما يؤخذ في الإعتبار أعلى مستوى من التخصص العائلي كصفة أساسية. هذا، وفي الحقيقة، فقد شمل النجاح الأول الكلاسيكي في مجال المكافحة البيولوجية مفترساً على درجة عالية من التخصص وهو خنفساء الفيداليا *Rodalia cardinalis*. لكن لا يكون التخصص الفرائسي ضرورياً بصفة دائمة في إدارة الآفات، إذ أن عديداً من الأنواع المفترسة التي يتم إكثارها كمياً بصفة دورية، ويتم إطلاقها في الحقول والبساتين ذات مدى فرائسي واسع نسبياً. يشمل ذلك، على سبيل المثال، بق الزهور *Orius insidiosus*، *O. tristicolor*، وأسود المن *Chrysoperla carnea*، *C. rufilabris*. قد يواجه التخصص الغذائي تحدياً هاماً في برامج المكافحة البيولوجية الكلاسيكية المتضمن للمفترسات المستوردة، إذ تتضمن الإحتياجات الغذائية لمثل تلك المفترسات عوامل لم تكن في الحسبان منها قبول أو تفضيل المفترس لفريسة جديدة في الموقع الجديد، أو الحصول على عناصر غذائية من كائنات دقيقة معاشرة، أو الإستفادة من أغذية إضافية مثل الإفرازات النباتية وحبوب اللقاح

والفطريات والرحيق. ويكون إستعمال المفترس لهذه المصادر الغذائية أهمية في إستقرار ديناميكيات الفريسة والمفترس وتأثير المفترس في مجال المكافحة.

التخصص الفرائسي والحفاظ على البيئة:

سوف يطرح إطلاق مفترسات حشرية ذات مدى فرائسي واسع تساؤلات هامة حول التأثيرات السالبة على الكائنات غير المستهدفة. من المحتمل أن تتحرك المفترسات المستوردة خارج نطاق مساحة المحصول المستهدف وتفترس أنواعاً غير فرائسها من الآفات (أنواع نادرة أو مهددة بالإفتراس). فعلى سبيل المثال، تم إختبار التأثيرات العكسية للمفترسات المستوردة في نوع واحد فقط. فقد إرتبط إنتشار أبو العيد *Coccinella undecimpunctata* المتغذى على عديد من أنواع المن بإنخفاض في تعداد نوعين من أبي العيدات المتوطنة في جنوب داكوتا Dakota، كما صحبه تأثيرات عكسية في المكافحة البيولوجية لسوسة البرسيم في أوتا Utah. لذلك فإن تقدير المدى الغذائي للمفترس يجب أن يكون جزءاً هاماً في تقويم المفترس قبل إطلاقه، خصوصاً عندما تكون الأنواع النادرة أو المهددة بالإفتراس في خطر من هذا الإطلاق.

تتميز المفترسات الحشرية بمجموعة من الصفات التي تميزها عن الطفيليات الحشرية. فهي غالباً ما تكون أكبر نسبياً من الفريسة، كما تتطلب أكثر من فرد من فرائسها لإكمال نموها، كما تكون أطوارها غير الكاملة المفترسة حرة المعيشة، ويكون عديد من أنواع المفترسات الحشرية مفترسات في طوريها غير الكامل والكامل. في معظم المفترسات الحشرية، تكون الفرائس من حشرات أخرى، لكن البعض منها يمكن أن يلتهم حيوانات من صفوف أخرى. وباستثناء المفترسات الحشرية من غشائيات الأجنحة التي تزود عشوشها بالفريسة، تلتهم الحشرات المفترسة فرائسها مباشرة بعد مهاجمتها. تقع المفترسات الحشرية في حوالي ٢٠ رتبة حشرية. وتعتبر رتب الحشرات متساوية الأجنحة Isoptera، وملتوية الأجنحة Strepsiptera، والشبحيات Phasmatodea، ورتبة Phthiraptera من الرتب التي لا يعرف عنها أنها تحتوي على أنواع من المفترسات.

عادات التغذية في المفترسات الحشرية:

تتفاوت المفترسات الحشرية كثيراً فى المدى الفرائسى لها. فالبعض منها مثل حشرة الفيداليا *Rhodalia cardinalis*، وأسد المن *Chrysopa slossonae* يكون على درجة عالية من التخصص متغذياً على نوع واحد فقط من الفرائس، وكذا الزنابير من جنس *Phillanthus* التى تصطاد النحل

فقط رغم أنه يتجه نحو عديد من الحشرات المتحركة ذات الحجم الملائم، وكذلك دبابير عائلة Pomplilidae التى تأكل أنواع عناكب معينة، وكذا أنواع من جنس *Eumenes* التى تجمع يرقات حرشفية الأجنحة فقط من كل الأنواع لعشوشها. والبعض الآخر يشمل مفترسات المن مثل أبو العيدات *Hippodamia convergens* و *Adalia bipunctata* والتى تكون محدودة الفرائس oligophagous إذ تنحصر تغذيتها على أنواع قريبة تقسيمياً. أخيراً فالبعض الثالث، مثل بقة *Podisus maculiventris* وأبو العيد *Coleomegilla maculate* يكون متغذ عام polyphagous يلتهم أنواع عديدة من الفرائس وغير الفرائس من عصارة النبات وحبوب اللقاح. هذا ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن العديد من الأنواع ذات المدى العوائلى الواسع تشتمل على طرز بيولوجية biotypes وعشائر تختلف فيما بينها فى إستجاباتها للفريسة، مثل العناكب القافزة Jumping spiders، وأسد المن *Chrysopa quadripunctata*.

فى بعض الحالات الخاصة قد تزود الكائنات الدقيقة المعاشرة للمفترس بإحتياجات غذائية لازمة لنموه وتكاثره. فعلى سبيل المثال، يعول أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea* أنواعاً من الخمائر (Torrulopsis) فى إمتداد بلعومى متطاول تمده بالأحماض الأمينية الضرورية التى تفتقر إليها أغذية أسد المن.

يمكن تقسيم المفترسات وفقاً لطور الفريسة التى تهاجمها، كأن يكون مفترساً للبيض مثلاً، أو وفقاً لإستراتيجية سروحه. فبعض المفترسات يقبع فى مكانه منتظراً فريسته مثل فرس النبى وبعض حوريات الرعاشات الكبيرة التى تنتظر فرائسها وهى ترقد مختفية فى وحل قاع بركة وتأسرها بواسطة قناعها الشفوى وهو تحور عن الشفه السفلى. والقليل من المفترسات تنصب الشراك لفرائسها مثل أسود النمل، والبعض الأخر يكون مطاردات نشطة مثل الحشرات الكاملة للرعاشات فهى صائدات ماهرات يطاردن الحشرات الأخرى أثناء الطيران والخنافس النمرية tiger beetles تصيد على الأرض، بينما البعض الأخر قد ينسج خيطاً حول فريسته.

من المعروف عن أنواع تحت عائلة Chilocorninae (Coccinellidae) أنها مفترسات للحشرات القشرية من رتبة متشابهة الأجنحة Homoptera، وكذا فإن معظم أنواع عائلة أبو العيدات مفترسات للمن، وأنواع تحت عائلة Stethorinae على أنها متخصصة على أنواع العناكب النباتية التغذية Tetranychidae. ومن العجيب أن الأنواع القريبة جداً sibling species يمكن أن تختلف فى مداها الفرائسى الذى تتغذى عليه مع نوعها المفضل. بمعنى أن تلك الأنواع قد تشتمل على نوع عام التغذية على المن وآخر متخصص على نوع معين منه.

وسائل تحديد المدى الفرائسى Methods for determining prey range

على العكس من الطفيليات التى تترك ورائها الغطاء الخارجى لجلد عائلها exoskeleton، فإن المفترسات لا تترك، غالباً أى دليل بعد إفتراسها للفريسة. وقد أستخدمت لمدد طويلة تحليلات القناة الهضمية للمفترس لتحديد ما يفترسه من الفرائس. بعض المفترسات مثل ذباب عائلة Asilidae والعديد من مفترسات Heteroptera تحقن فريستها بالإفرازات اللعابية التى تؤدى إلى قتلها ثم تتبع ذلك بالهضم خارج الأمعاء لمحتويات الفريسة، ثم تبتلع ما تم هضمه تاركة الغطاء الكيوتيكلى للفريسة. بالنسبه للأنواع القارضة من المفترسات، فإن تحليل برازها يمكن أن يوضح أى من الفرائس إحتواه غذاء المفترس. وقد أدى التقدم العلمى الواضح فى التكنيكات السريولوجية إلى التعرف على المفترسات التى إفترست الآفات المستهدفة فى الحقل. وبالرغم من أن التحديد الكمى للفريسة التى ألتهمت من المشاكل الصعبه تقنياً إلا أنها ذات أهمية فى تحديد المفترسات الفاعلة key predators داخل المنظومة الزراعية agricultural system، وأيضاً لتقويم كفاءة عناصر المكافحة البيولوجية المرباة كمياً augmentative bioagents.

الأعداء الطبيعية المرتبطة بالفريسة:

من المسلم به أن كل الحيوانات تكون عرضة لمهاجمة الأعداء الطبيعية، فالمفترسات النشطة غالباً ما يمكن تتبعها ومهاجمتها بواسطة الطفيليات أو غيرها من المفترسات. لذلك فإن مدى ووفرة الأعداء الطبيعية التي ترتبط بمصدر غذاء المفترس يعتبر محدداً هاماً لمدى الغذاء. تتضمن دفاعات المفترس عدم التحرك متصنعة الموت، أو التواجد في أماكن محمية (مفترسات الكمائن مثل يرقات أسد النمل)، أو المحاكاة، أو السلوك الهروبي، أو إفراز مواد كيميائية ضارة. يمكن أن ينتج تطور دفاعات المفترس ضد الأعداء الطبيعية من خلال إستعاضات في تقليل وقت وكفاءة البحث، ومهاجمة الفريسة، وإلتهامها وتمثيلها.

تحسين أداء الأعداء الطبيعية بواسطة إضافة الغذاء والكيميائيات الوسيطة

مما لا شك فيه أن إضافة الغذاء أو المواد الكيميائية السلوكية behavioral chemicals سوف يجذب أو يحجز الأعداء الطبيعية وبالتالى قد يزيد من خصوبة الأعداء الطبيعية ويحسن من أدائها فى مكافحة الآفات النباتية. ربما تزداد أهمية إضافة الغذاء أو الكيميائيات السلوكية فى الأماكن التى تنعزل فيها الأعداء الطبيعية عن عوائلها أو فرائسها فى المكان أو الزمان أو يكون تعدادها منخفض للغاية وبالتالى لن تستطع منع الفوران التعدادى للآفة أو منع الضرر الإقتصادي على المحاصيل الزراعية.

غالباً ما يحدث ضعف التزامن بين الآفات الزراعية وأعدائها الطبيعية أو عدم التوازن بينهما فى النظم الزراعية وحيدة المحصول crop monoculture والتى يحدث فيها إنعزال للأعداء الطبيعية عن عوائلها بسبب:-

١- نقص أو عدم وجود الغذاء مثل الندوة العسلية أو الرحيق أو حبوب اللقاح.

٢- نفس الحالة تظهر عند إستخدام المبيدات فى الحقول.

٣- عند زيادة نسب التطفل أو الإفتراس على آفة معينة فى مكان معين بحيث يصل تعداد تلك الآفة إلى التعداد الذى لا يستطيع أن يحجز الأعداء الطبيعية بالمكان.

يمكن تصحيح الوضع فى هذه الحالات بإعادة إضافة الغذاء الناقص أو المواد الكيميائية السلوكية فى الوقت المناسب. يعتمد إستخدام هذه الطرق على نوع العدو الحيوى المستهدف بذلك، وكذلك معدل الهجرة الداخلية emigration المتوقع للمكان المعامل. عند إطلاق الأعداء الطبيعية صناعيا، قد يكون من المهم إضافة أو رش الغذاء أو الكيرومونات فى المناطق التى يتم فيها الإطلاق لتحسين كفاءة تلك الأعداء الطبيعية المزمع إطلاقها.

من المهم جداً معرفة بيولوجيا كل من الآفة والعدو الحيوى المراد إطلاقه. تحتاج المفترسات الحشرية مثلاً للتغذية على وجبة غذائية متكاملة (الفريسة) فى طورها الكامل المنتج للبيض، بينما فى الطفيليات الحشرية، غالباً ما تأخذ الحشرة الكاملة المواد الغذائية التى تحتاجها لإنتاج البيض من الطور اليرقى كما فى الطفيليات مسبقة وضع البيض proovigenic، على العكس من تلك الأنواع التى تتغذى على العائل للحصول على الغذاء كما فى طفيليات مستمرة تكوين البيض synoveginic. فى المفترسات التى تكون مفترسة فى طورها اليرقى وغير مفترسة فى طور الحشرة الكاملة، فإنه يمكن تغذية حشراتها الكاملة على السكريات أو الماء فقط ولكنها تحتاج لوجبة غذائية متكاملة لإنتاج البيض إلا إذا كانت تحتوى على معاشرات دقيقة سوف تمدها بذلك. لما كانت معظم الأنواع المفترسة تتغذى على الرحيق وحبوب لقاح والندوة العسلية فإنه يمكن إحتجاز تلك المفترسات برش الغذاء الصناعى فى الحقول ليماثل تلك المصادر الغذائية الطبيعية. فى بعض مفترسات أسد المن، يمكن عن طريق الندوة العسلية الصناعية (خليط الخميرة + السكر + الماء) ليس فقط حجز الحشرات الكاملة وتغذيتها ولكن أيضاً حثها على وضع البيض فى غياب الفرائس.

تحتوى المواد الغذائية التى تم تطبيقها حتى الآن على كيميائيات سلوكية. على سبيل المثال، محلول سكرى بسيط يمكن أن يعتبر ككيرمون إذا إستحث العدو الحيوى على التغذية عند

ملامسته. مثل هذا الغذاء يعمل على وقف حركة العدو الحيوى وإحتجازه فى مكان التغذية. كذلك تعتبر المواد التى تضاف للغذاء والمضافة للغذاء الصناعى والمحاكى للفريسة أو رائحة وسط تغذية الفريسة كيرمونات تعمل على تجميع الأعداء الطبيعية حول هذا الغذاء وبالتالى قد يكون من المهم تحسين سلوك الأعداء الطبيعية وكفاءتها بالحقل بإضافه الكيرومونات إلى مصادر الغذاء المضافة صناعياً بالحقل.

الأعداء الطبيعية كملقحات Natural enemies as pollinators

عند زيارة كوامل بعض المفترسات ،مثل ذباب السرفس، للزهور يعلق بأجسامها حبوب لقاح ولكن بكمية قليلة جداً لا تقارن بتلك المصاحبة للحشرات غير المفترسة أو ذات الشعيرات الكثيفة مثل حشرة *Eristalis tenax*.

الدور الذى تلعبه الطفيليات كملقحات أقل وضوحاً، فمثل تلك الحشرة وبصفة خاصة تلك الزائرة لأزهار ذات تويج من النوع الإسطوانى الضيق تتلامس عرضاً مع أسدية الزهرة anthers (فيما لو أنها لا تتغذى فعلاً على حبوب اللقاح)، ملتقطة لها. ويجب أن يلاحظ هنا أنه لكى تقوم بدورها فى التلقيح الخلطى cross pollination فعليها أن تزور أكثر من نبات أثناء سروحها، مظهرة درجة من الإستقرارية constancy على الزهرة. وعلى كل فإن الدور الذى تلعبه الطفيليات كملقحات متجاهل تماماً ربما للأسباب الآتية:

١- صغر الحجم المتناهى وعدم وضوحها تماماً.

٢- ميل بعض الأنواع الطفيلية الأكبر حجماً فى عدم التريث على النورات كما يحدث مع بعض حشرات النمل وأبى دقيقات والخنافس وذباب السرفس.

٣- صعوبة التعريف غالباً لمثل تلك الحشرات.

ثالثاً: وضع البيض Oviposition

تستطيع بعض إناث الحشرات الطفيلية والمفترسة أن تضع بيضاً بعد خروجها من العذراء مباشرة، لكن البعض الآخر قد لا يستطيع ذلك إلا بعد مرور فترة يطلق عليها فترة ما قبل وضع البيض preoviposition period وهى الفترة المحصورة بين خروج الأنثى الكاملة ووضع أول بيضة. في بعض الأنواع قد تكون إختيارية، وفي البعض الآخر قد تكون إجبارية. وعادةً ما يرتبط حدوث تلك الفترة بالإحتياجات الغذائية للأنثى الكاملة. تستمر الإناث فى وضع البيض خلال فترة يطلق عليها فترة وضع البيض oviposition period بعدها تموت الأنثى مباشرة أو قد

تعيش دون وضع بيض لفترة يطلق عليها فترة ما بعد وضع البيض postoviposition period. قد تطول أو تقصر تلك الفترات وفقاً لنوع الحشرة نفسها ووفقاً للظروف المناخية التى تعيش فيها الحشرة. يوضع البيض فردياً كما فى الطفيل *Copidosoma desantisi* المتطفل على فراشة درنات البطاطس أو فى كتل كما فى الطفيل *Nasonia vitripennis* المتطفل خارجياً على عذارى الذباب، إذ يتراوح عدد البيض فى كل كتلة بيض من ٢ إلى ٢٥ بيضة (شكل ١٥:٣).

يوضع بيض الطفيل فى العائل من الداخل فى الطفيليات الداخلية مثل طفيليات الترايكوجراما *Trichogramma* spp.، أو على العائل من الخارج فى الطفيليات الخارجية مثل الطفيل *Bracon hebetor*. بصفة عامة، هناك صعوبة فى وضع بيض الطفيليات الداخلية التطفل مقارنة بالطفيليات الخارجية التطفل. وتعتمد درجة هذه الصعوبة على عدد من العوامل منها حجم العائل بالنسبة لبيض الطفيل، وكمية النسيج الدهنى فى العائل، وفيما لو أن البيض سيوضع داخل أعضاء معينة أو فى تجويف الجسم، وحجم الأعضاء الأخرى، ودرجة سمك جدار الجسم.

شكل (١٥:٣) يوضح كتلة بيض الطفيل *Nasonia vitripennis*، يلاحظ وجود مكان ثقب آلة وضع البيض وتراص البيض حوله في شكل دائري (عوض الله ، ١٩٦٤).

يمكن أن تحدد الحالة الفسيولوجية للمبايض ما يلي:

١- فترة ما قبل وضع البيض بعد خروج الأنثى الكاملة.

٢- معدلات وضع البيض.

٣- فترات التوقف عن وضع البيض ومعدل تكرارها، كالتغذية على العائل مثلاً.

٤- إستجابة الأنثى للمؤثرات الخارجية، كالعوائل والروائح وغيرها.

إستمرارية وإستباقية وضع البيض Synovigeny and Provigeny

وفقاً لإستراتيجية وتكوين وضع البيض، تقع الأنواع الحشرية لرتبتى حرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة فى قسمين فقط على حسب التصنيف الذى وضعه فلاندرز Flanders عام ١٩٥٠ وهما الإناث مسبقة تكوين البيض pro-ovigenic females والإناث مستمرة تكوين البيض synovigenic females. تخرج إناث المجموعة الأولى من العذراء وهى غالباً مكتملة تكوين البيض أو على وشك ذلك، بينما تخرج إناث المجموعة الثانية غالباً من العذراء وبها جزء بسيط من البيض الناضج وتستمر فى تكوين البيض خلال فترة حياتها. فى الإناث مسبقة تكوين البيض تكتمل عملية تكوين البيض (oogenesis) إما قبل الخروج من العذراء أو بعد الخروج مباشرةً من العذراء مستغلة فى ذلك المخزون الغذائى أثناء الطور اليرقى. ومثل هذه الإناث يمكن أن تتغذى من أجل بقائها فقط. على الجانب الآخر، فإن الإناث مستمرة تكوين البيض تحتاج إلى التغذية على العائل، أو الندوة العسلية أو حبوب اللقاح أو رحيق الأزهار وذلك لتكملة تكوين البيض وتحقيق كامل قدرتها التناسلية. أدخل على هذا التقسيم تعديل بواسطة جيرفز Jervis وآخرون عام ٢٠٠١ بإستخدام مصطلح مدلول التبويض (ovigeny index). وهذا يعنى أقصى نسبة من إكتمال نضج البيض الكامن للأنثى بعد خروجها إلى البيئة. وبالتالى فالأنواع التى لها مدلولاً قيمته ١ هى بالتأكيد إناث مسبقة تكوين البيض، أما تلك التى تمتلك مدلولاً أقل من ١، فهى إناث مستمرة تكوين البيض بدرجات متفاوتة. ولهذا المدلول تأثير كبير على القدرة التناسلية للإناث خصوصاً فى الفترات الأولى من عمر الإناث مع إفتراض وفرة مستمرة من العوائل المفضلة للطفيل، أو على الأقل زيادة يومية فيها. تحت مثل هذه الظروف، وجد أن الإناث مسبقة تكوين البيض تضع معظم بيضها خلال يوم أو يومين بعد خروجها كما أنها تكون أقصر عمراً من تلك مستمرة تكوين البيض. وعلى العكس من ذلك فإن الإناث التى لها مدلول تبويض قيمته صفراً (بمعنى عدم وجود بيض ناضج عند الخروج) تضع عدداً قليلاً جداً من البيض، إن وجد، خلال يوم أو اكثر بعد خروجها. وعندما يبدأ وضع البيض اليومى فإنها تستمر بنفس المعدل تقريباً لمدة زمنية طويلة نسبياً من حياتها. لذلك فإن نسبة البيض الممكن وضعه فى الأيام الأولى من حياة الأنثى ترتبط إيجابياً مع مدلول التبويض.

بالرغم من أن بعض الأنواع يمكنها أن تنضج عدداً قليلاً من البيض دون تغذية أولية وهى ما تعرف بالأنواع ذاتية تكوين البيض autogenous species، فإن أنواعاً أخرى يجب أن تتغذى أولاً ويطلق عليها الأنواع الإعتمادية (غير ذاتية) تكوين البيض anautogenous species. يمثل

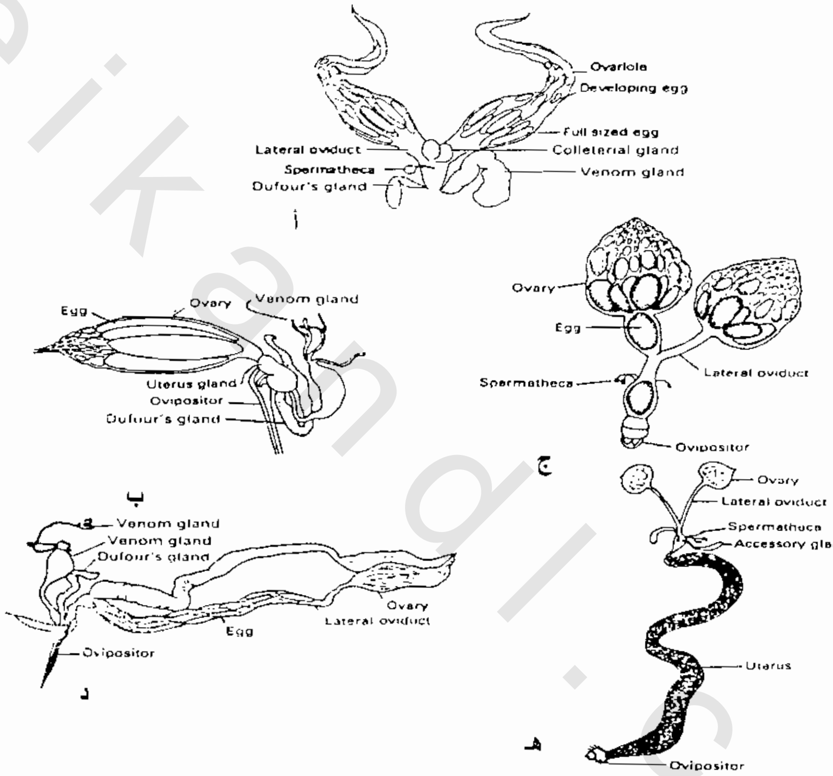
مجموعة الطفيليات مسبقة تكوين البيض عدد قليل من طفيليات رتبة غشائية الأجنحة التى تتبع عائلات Mymaridae و Eucharitidae و Trigonalyidae، إذ أن الغالبية العظمى من هذه الرتبة مستمرة تكوين البيض، ذاتية كانت أم إعتمادية التغذية. ومن أمثلة الحشرات إعتمادية تكوين البيض الطفيل *Cyzenis albicans* التابع لعائلة Tachinidae من رتبة ذات الجناحين، ويمثل المجموعة ذاتية التكوين أسد المن من النوع *Chrysoperla carnea* إذ تستطيع الإناث إنتاج عدد قليل من البيض دون تغذية أولية معتمدة فى ذلك على المعدلات الإفتراسية العالية أثناء طورها اليرقى، وعلى العكس من ذلك قد تحتاج بعض الأنواع التابعة لهذا الجنس إلى التغذية على غذاء بروتينى (مثل حشرات المن) لإنتاج أى بيض وبذلك تندرج تحت مجموعة الحشرات إعتمادية تكوين البيض.

ولتحديد ما إذا كان النوع تحت الدراسة مسبق أو مستمر تكوين البيض، يجب تشريح الأنثى حال خروجها من العذراء، فإذا إحتوت مبايضها على غالبية من البيض الناضج والباقى قريب من النضج، فإنها تكون مسبقة تكوين البيض، أما إذا إحتوت مبايضها على غالبية من البيض غير الناضج، فإنها تكون ممستمرة تكوين البيض.

ويجب أن ينظر إلى هذا التمييز بحظر شديد حيث هناك تداخل كبير بينهما، ففى بعض أنواع الطفيليات غشائية الأجنحة يعتقد أنها من النوع المسبق تكوين البيض proovigeny ولكنها فى حقيقة الأمر مستمرة وذاتية تكوين البيض synovigenic autogenous لها دورات فى إنضاج البيض أثناء فترة حياتها. ومن الأفضل أن نفترض أن هاتين المجموعتين هما الحدود القصوى والدنيا فى سلسلة متصلة وبينهما درجات متفاوتة من سلوك الأنواع الحشرية المختلفة، والنظر إليها أنها تحورات للإختلافات فى أنماط التوزيع الزمنى والفراغى للعوائل. فالعوائل المتواجدة فى مصادر سريعة الزوال (مثل يرقات الذباب فى أكوام السباخ) تتعرض للتطفل لفترة قصيرة ولذا فمن المناسب أنها تهاجم أساساً بطفيليات مسبقة تكوين البيض. وعلى العكس فإن العوائل المتواجدة فى مصادر طويلة الأمد (مثل العذارى التى فى سكون) سوف تتعرض للتطفل لفترة أطول ولذا فمن المتوقع أن تهاجم أساساً بطفيليات مستمرة تكوين البيض.

ذكر العالم فلاندرز Flanders عام ١٩٥٠ ودويل Dowell عام ١٩٧٨ أن هناك إستراتيجيتين هامتين فى تكاثر الطفيليات مستمرة تكوين البيض فى رتبة غشائية الأجنحة طبقاً لنوع البيض الناتج وقابليته للتخزين وقدرة الإناث على إعادة إمتصاص البيض مرة أخرى وهما:-

أ- **النوع غير المحب للماء Anhydropy:** فى هذا النوع من الطفيليات يكون البيض غنياً فى المح yolk-rich (Lecithal)، وكبير الحجم ولا يمكن تخزينه لفترة طويلة، ويكون للأنثى قناة مبيض جانبية صغيرة نسبياً ذات قدرة تخزينية بسيطة وعدد محدود من البيض. ويكون لكل مبيض عدد محدود من فريعات المبيض كما هو الحال في الطفيليات *Coccophagous atratus*، *Trachysphyrus albatorius* (شكل ١٦:٣ – أ ، ب)، وهنا يكون للأنثى القدرة على إعادة إمتصاص البيض الذى لم يتم وضعه فى أو على العائل وذلك لعدم توفر العائل المناسب بالعدد المناسب لفترة طويلة. وهنا، يتم إستخدام المواد الغذائية المعاد إمتصاصها من البيض لغرض البقاء والسماح لها بالحياة حتى تواجد العائل مرة أخرى. تتغذى عديد من إناث هذه المجموعة من الطفيليات على عوائلها host fed-species ومن أمثلة طفيلات تلك المجموعة *Bracon hebetor*, *Nasonia vitripennis*, *Aphytis* sp..



شكل (١٦:٣) الجهاز التناسلى لبعض الطفيليات الحشرية غشائية الأجنحة وثنائية الأجنحة.
(أ) الطفيل *Coccophagus atratus* (Aphelinidae)، (ب) الطفيل *Trachysphyrus albatorius* (Ichneumonidae)،
(جـ) الطفيل *Hyperecteina cinerea* (Tachinidae)، (د) الطفيل *Enicospilus americanus* (Ichneumonidae)،
(هـ) الطفيل *Leschenaaultia exul* (Tachinidae).

ب- **النوع المحب للماء Hydropy:** فى هذا النوع من الطفيليات يكون البيض فقيراً فى المح (alecithal) yolk-poor، وصغير الحجم حيث يعتمد النمو الجنينى للطفيل على غمس بيض طفيليات هذه المجموعة داخل سائل العائل لأخذ إحتياجاته من المواد الغذائية اللازمة لذلك (النمو الجنينى، على سبيل المثال، فى طفيلات عائلة Encyrtidae كطفيل *Copidosoma desnatisi* & *Copidosoma floridanum* لا يبدأ إلا بعد وضع البيض داخل العائل بالقرب من الجسم الدهنى الذى يعتبر مصدر الغذاء المخزن بجسم العائل). وبصفة عامة تحتوى مبايض الإناث على عدد كبير من فريعات المبيض ويمكن تخزين عدد أكبر من البيض فى قنوات المبيض الجانبية المتسعة كما هو الحال في طفيل *Enicospilus americanus* (شكل ١٦:٣-د)، ونظراً لأن البيض صغير الحجم ويحتوى على كمية بسيطة من المواد الغذائية، فإنه لا يتم إعادة إمتصاصه. وفى معظم إناث هذه الأنواع لا يكون هناك تغذية على العائل بواسطة أنثى الطفيل. يكون مشاركة الأنثى الأم هنا فقط بإعطاء الأبناء عدد وفير من الريبوسومات والميتوكندريا التى تساعدها على تخليق البروتين خلال عملية نمو الجنين. على ذلك، فإن تغذية الأم على وجبة بروتينية ليست شرطاً ولا ضرورة لإنتاج البيض ويمكن أن يحدث ذلك خلال العمر اليرقى كما فى الطفيليات مسبقة تكوين البيض.

هذا ويجب توخى الحذر عند تناول هذا التصنيف إذ أن هناك العديد من الحالات الشاذة. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل *Coccophagus atratus* ينتج بيضاً وفيراً وغنياً فى المح ولكن ليس لإناثه القدرة على إعادة إمتصاصه.

يمكن أن نستخلص مما سبق أن:-

١- من المتوقع أن أقصى حمل البيض egg load فى الأنواع غير المحبة للماء anhydropic species قليل نسبياً ولذلك تكون محدودة جداً فى وضع البيض مقارنة بالأنواع المحبة للماء hydropic species.

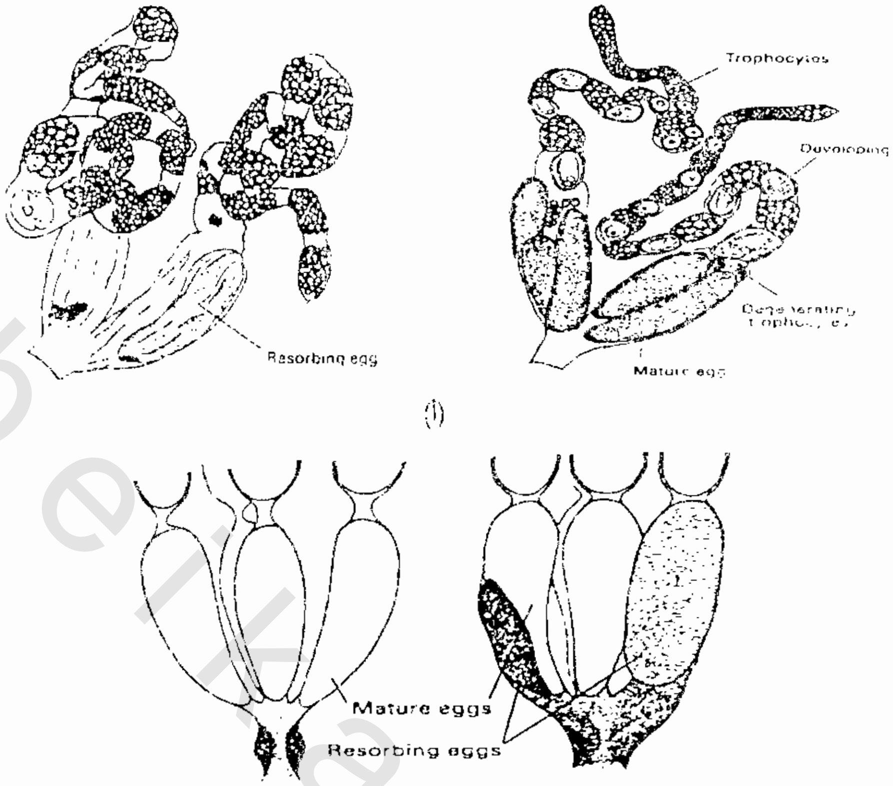
٢- فى الطفيليات مستمرة تكوين البيض غير المحبة للماء يكون أقصى عدد من البيض الناضج الذى يمكن أن يخزن فى كل فرع مبيض فى أى لحظة من الوقت بسيط جداً ولا يتعدى، على سبيل المثال، فى حالة الطفيل *Encarsia formosa* ثلاثة بويضات، وفى حالة الطفيل *Encarsia bimaculata* ستة بويضات. كما أن هذا البيض الناضج لا يتم دفعه مرة واحدة إلى قناة المبيض الجانبية ولكن على دفعات نظراً لصغر الحجم التخزينى للقناة. وعلى ذلك، فإنه يتم الإحتفاظ بالبيض لفترة وجيزة مقارنة بالمجموعة الأخرى، ثم يتم وضعه بالعائل لتستقبل قناة

البيض دفعة جديدة وهكذا. وفى حالة عدم توفر العائل لفترة طويلة (لندرته أو غيابه)، فإن الإناث لا تتعجل بإلقاء مثل هذا البيض أو التخلص منه، بل تبدأ بإعادة إمتصاصه مبتدأة بالبيض القديم ثم الأحدث فالأحدث وهكذا. وعن طريق إعادة إمتصاص البيض هذه، فإن المحتويات تعود للجسم وبالتالى فإن الأنثى لا تفقد سوى جزء بسيط من الطاقة والمواد الغذائية بدلاً من الفقد الكامل له فى حالة التخلص من حمل البيض بوضعه فى عوائل غير مناسبة.

٣- يمكن التعرف على البيض الممتص resorbed eggs عند النهايات القاعدية لفريعات المبيض بشكله غير الطبيعى مقارنة بالشكل العادى للبيض (شكل ١٧:٣- أ ، ب). فى بداية عملية الإمتصاص، تكون البيضة خالية جزئياً من الكوريون وبالتالى، وعلى العكس من البيض السليم، تزداد فى الحجم عند تشريحها فى محاليل فسيولوجية. وتقبل الصبغ بالصبغات مثل صبغة أسيتوكارمين acetocarmine بسرعه أكبر. ومع تمام عملية الإمتصاص، تصبح البيضة منكمشة ثم تختفى نهائياً تاركة ورائها فقط بقايا القشرة الخارجية. وفى بعض طفيليات عائلة Encyrtidae قد يبقى جزء من الكوريون (الصفيحة التنفسية) فى فريعات المبيض، أو قد تدفع فى تجويف الجسم. وتعتمد بداية الإمتصاص فى حالة الحرمان من العائل على كمية الغذاء المتاح فى جسم الأنثى. على سبيل المثال، فى حالة أنثى الطفيل *Nasonia vitripennis* (شكل ١٧:٣- ب) المحرومة من الغذاء تبدأ مبكراً فى إعادة إمتصاص بيضها فى حالة عدم توفر العائل المناسب مقارنة بتلك المتغذية على محلول عسل النحل. فى حالة هذا الطفيل، عندما يتم إعادة امتصاص البيض الطرفى فى أحد فريعات المبيض، يتبع بغيره فى الفروع الأخرى ومع إستمرار التجويع، تبدأ فى إعادة إمتصاص البيض فى الصف التالى للصف الطرفى فى كل فريعات المبيض وهكذا حتى إنتهاء عملية الإمتصاص للبيض الناضج فى مبيضى الأنثى. وتعتبر عملية إعادة إمتصاص البيض صورة أخرى من صور تحديد وضع البيض فى الطفيليات مستمرة تكوين البيض حيث أن الأنثى طالما أنها فى عملية إعادة الإمتصاص هذه لا تكون قادرة على وضع البيض حتى لو أصبحت العوائل متاحة لها.

٤- تقع عديد من المفترسات الحشرية تحت مجموعة الحشرات مستمرة تكوين البيض غير المحبة للماء. فمن المعروف بكل تاكيد أن إناث ذباب السرفس Syrphidae تعيد إمتصاص بيضها إذا لم يتح لها فرصة وضعه بجوار الفرائس المناسبة. وكذلك العديد من أبوالعيدات، فى غياب فرائسها، تضع البيض ثم تعيد التغذية عليه وكأنها تقوم بإعادة تدوير المواد

الغذائية recycling nutrient أو ما يعرفه المتخصصين فى مجال المكافحة البيولوجية بالإفتراس الذاتى auto-predation or cannibalism.



(أ)

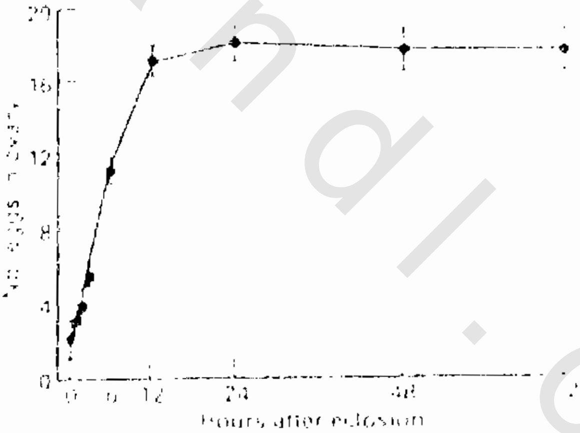
(ب)

شكل (١٧:٣) عملية إعادة إمتصاص البيض فى الطفيليات الحشرية المستمرة تكوين البيض غيرالمحب للماء.
(أ) *Bracon hebetor*، (ب) *Nasonia vitripennis*.

تحديد وضع البيض Egg limitation

يعتبر حمل بيض أنثى الطفيل من الأمور الهامة التي يجب أن تؤخذ في الإعتبار عند دراسة السلوك السروحى لها، لما لذلك من علاقة بكفاءتها البحثية ولياقتها. يحدد حجم حمل البيض egg load الذى تحمله الأنثى عدد البيض الذى يمكن أن تضعه فى لحظة محددة من الوقت. إذن ما هو العامل المسئول عن تحديد الحد الأقصى لهذا الحمل؟ هل هو معدل عملية التبويض ovigenesis أم الكفاءة التخزينية storage capacity. فلو أنه فى نوع حشرى لا يقوم عادة بإعادة إمتصاص بيضه، لا يمكن أن نجد كل فريعات مبايضه محتوية على بيض ناضج فى

أى لحظة عندما تكون عملية التبويض فى أقصى معدلاتها (عن طريق تعريض الإناث لكثافات متفاوتة من العوائل وأنظمة الأغذية خلال فترة حياتها). بمعنى أنه لا يوجد تزامن بين فروع المبيض. ولذلك فإن سقف حمل البيض يحدد بمعدل التبويض وليس السعه التخزينية. على الجانب الأخر، فى حالة ما إذا كانت كل فروع المبيض، فى أى لحظة محددة، ممتلئة بالبيض الناضج وكذلك قنوات المبيض الجانبية، في هذه الحالة فقط، تكون السعة التخزينية هى العامل المحدد الفعلى لسقف حمل البيض. وهنا يطفو سؤال على السطح وهو فى أى حالة تتوقف عملية التبويض عند الوصول إلى أقصى كفاءة تخزينية؟ ليس هذا من الوضوح بمكان فيما لو أن هناك أنواع يتحدد فيها الحد الأقصى للحمل بتوقف عملية التبويض. لكن يظهر أن الطفيل *Coccophagous atratus* هو نوع من طراز أخر. فلو أن إناث هذا النوع حرمت من العائل ولكن غذيت على عسل بعد الخروج مباشرة وتم التشريح على فترات متباينة، فإن حمل البيض يتزايد خلال ٢٤ ساعه الأولى من بداية حياتها ثم يبقى ثابتاً (شكل ١٨:٣). وطالما أن فى هذا النوع لا يوجد أى مظهر من مظاهر إعادة إمتصاص البيض، فإنه من المحتمل أن عدد البيض يحدد بالكفاءة التخزينية للمبايض وقناتى المبيض الجانبيتين والتوقف عن التبويض عندما لا يوجد متسع لبيض أكثر. وربما تكون هذه الحالة أيضا متواجدة فى الطفيل *Venturia (Nemaritis) canescens*. وقد يكون من الممتع الوقوف على ومعرفة التواتر frequency الذي به تستأنف أو تتوقف عملية التبويض في الطفيليات السارحة تحت الظروف الطبيعية.



شكل (١٨:٣) عدد البيض الناضج في مبايض أنثى الطفيل *Coccophagus atrantus* على فترات مختلفة من خروج الحشرة الكاملة.

الحافز لوضع البيض motivation to oviposition

يعتمد الحافز لوضع البيض على حمل البيض فى الأنثى. وهنا يطفو سؤال على السطح وهو كيف تعرف أنثى الطفيل حجم حملها من البيض؟ فى دراسة مستفيضة حول نشاط وضع البيض وديناميكيته فى الطفيل *Coccophagus atratus*، إتضح أنه عندما تعرض الإناث لوفرة من العوائل فانها تضع البيض من خلال نوبات محددة أو نشاط لوضع البيض يبدأ فقط عندما يتراكم من ١٨ بيضة ناضجة فى المبيض وهذه النتيجة توضح أن حمل البيض من المحتمل أن يحدد من خلال مستقبلات من قنوات المبيض الجانبية تحفز عملية وضع البيض.

رابعاً: النمو والإنشاء في الأطوار غير الكاملة Growth & Development in Immatures

النمو growth هو الزيادة في الكتلة الحيوية biomass للحشرة خلال الفترة من الفقس من البيضة إلى نهاية الطور اليرقي، وهو ما يتحقق إما بإنقسام الخلايا أو بزيادة حجمها أو عن طريق كلا الوسيلتين.

أما الإنشاء development فهو التغيرات المورفولوجية والتشريحية التي يظهرها الفرد من وقت وضع البيضة إلى وقت خروج الحشرة الكاملة.

جرت العادة على إستخدام الكلمة العربية "تطور" لتدل على معنى كلمة development، كما جرت العادة أيضاً على إستخدام نفس الكلمة "تطور" لتدل على معنى تطور evolution وهذا يجعل الأمر جديراً بالبحث عن كلمة أخرى لتدل على معنى development لأن لفظ تطور معبر دقيق علمياً لمعنى evolution. وعملياً فإن النمو growth هو عملية كيميائية لها عواملها المنظمة المستقلة بهرموناتها الخاصة، كما أن الـ development هو ما يصيب هذه الخلايا من تمييز وتكشف يؤدي إلى تعضونها ووسائله هي التكشف differentiation وله، بعيداً عن النمو، عوامله المنظمة المستقلة وهرموناته الخاصة. ولذا فإن كلمة development في معاجم المصطلحات العلمية تعني أنها سلسلة التحولات التي تصيب الناتج الخلوي للنمو مؤدية إلى اظهار وظيفة خاصة بها. وبالبحث عن كلمة عربية تعبر عن هذا المضمون فلا نجد أدق تعبيراً إلا ما ذكر في القرآن الكريم عن حالات متشابهة (الواقعة ٣٥، العنكبوت ١٩، النجم ٣١) حيث أستخدمت كلمة الإنشاء لتعبر عن المضمون العلمي لكلمة development، في حين أن التطور الذي يعني تحولات تصيب تراكيب ووظائف قائمة لتصير أكثر تلاؤما هو الذي نعبر عنه معنى كلمة evolution. ويجب النظر إلى عملية الإنشاء بإعتبارها إستكمالاً النمو حيث تشمل بناء تراكيب الفرد الكامل

من صورها الكامنة في البراعم histogenesis، وتحلل الأنسجة غير الكاملة وغير المطلوبة في الشكل الكامل histolysis، ولذا فإن بناء نسيج أو تفكك نسيج آخر وبقاء نسيج ثالث هي أجزاء من نظام عام يهدف في النهاية إلى تحقيق شكل معين ببعض هذه الوسائل أو بها جميعاً.

في المفترسات، يشكل الطور اليرقي فترات طويلة من التغذية وفترات قصيرة من الإنسلاخ. وفي خلال كل عمر، تتزايد الكتلة البيولوجية بصورة مطردة steadily. تتناقص هذه الكتلة قليلاً في وقت الإنسلاخ بسبب فقد جلد الإنسلاخ وبعض الماء الذي لا يستعوض في حينه حيث لا تتغذى الحشرة. في بعض الحشرات المائية، لا يوجد تناقص في هذه الكتلة أثناء الإنسلاخ بل يحدث زيادة بسبب إمتصاص الماء إما من خلال جدار الجسم أو القناة الهضمية. تزداد هذه الكتلة بدرجة ملحوظة في الحشرة المائية *Notonecta gluca*.

في حالة المفترسات، يعبر عن الإنشاء اليرقي larval development ببساطة بالفترة المحصورة بين كل إنسلاخين متتابعين، أما النمو اليرقي larval growth فيمكن أن يقاس بالزيادة المكتسبة gained في الوزن الجاف أو الطازج متضمناً وزن جلد الإنسلاخ، أو الزيادة في حجم الجسم (معبراً عنه بعرض الرأس) بين الأعمار، ومعبراً عنه بالنسبة بين وزن أو حجم الجسم المكتسب إلى فترة العمر اليرقي. ويعبر بعض المشتغلين الآخرين عن معدل النمو بصورة مختلفة وهو معدل النمو النسبي relative growth rate (RGR) وهو الوزن الطازج المكتسب × متوسط الوزن الطازج للمفترس أثناء العمر مقسوماً على العمر اليرقي.

في الطفيليات، يبدو التعبير عن النمو والإنشاء أكثر تعقيداً مما في المفترسات. فالطفيليات الداخلية ذات مشكلة خاصة طالما أنه لا يمكن بسهولة قياس أوزان وأحجام اليرقات.

من النقاط الهامة المبدأية لدراسة كثير من الجوانب المتعلقة بالإنشاء اليرقي هي القدرة على التمييز بين الأعمار المختلفة في المفترسات والطفيليات. في بعض الحالات قد يمكن التعرف على العمر بسهولة نسبية بالإستعانة ببعض المظاهر مثل تراكيب أجزاء الفم، ودرجة نمو الجناح، وعدد وتوزيع الشعيرات والأشواك الدائمة وغيرها من تراكيب جدار الجسم، وتركيب القصبات الهوائية وما يرتبط بها من ثغور تنفسية، ولون الجسم. غير أنه في مفترسات أخرى قد تكون هذه الصفات المميزة غير واضحة، وهنا تحتاج الى إستعمال تكنيكات خاصة للقياسات المورفولوجية morphometric.

أ- تأثير العوامل البيولوجية على النمو والإنشاء:

١- إستهلاك الغذاء: Food consumption

تحتاج اليرقات المفترسة إلى أن تلتهم فرائس عديدة أثناء إنشائها، وسوف يظهر كل عمر من الأعمار المتتالية successive أقصى معدل من الإنشاء والنمو عند مستويات مختلفة من الفرائس المتاحة. وبصفة عامة، مع زيادة كثافة الفريسة تلتهم اليرقات المفترسة عدداً أكبر من الفرائس، وتنمو أسرع، وتحرز وزناً أعلى وبالتالي حجماً نهائياً أكبر، مقارنة بتلك التي يقدم لها كثافات قليلة من الفرائس. وبينما يتزايد معدل الإنشاء في علاقة غير خطية non- linearly relationship مع معدل إستهلاك الفرائس، فإن معدل الإنشاء يتوقف عن الزيادة فوق مستوى كثافة معينة من الفريسة، بينما يستمر النمو. كذلك يتفاوت أيضاً الإنشاء والنمو مع نوعية الفريسة prey quality.

٢- نوع الفريسة: Prey species

من المتوقع أن يتفاوت الإنشاء اليرقي كله والنمو مع نوع الفريسة. يتضح ذلك جلياً في أبي العيدات *Adalia bipunctata* ، *Coccinella septempunctata*، *Hippodamia sinuate*. في حالة النوع الأخير (*H. sinuate*) يتلاشى تأثير نوع الفريسة على معدل الإنشاء تحت درجات الحرارة التي تزيد عن ٢٠°م.

٣- التفاوت variation في الإنشاء والنمو بين الأعمار وداخل العمر الواحد:

تختلف منحنيات معدلات الإنشاء مع منحنيات المتاح من الفرائس في الأعمار المختلفة. وهذا من المتوقع بسبب الإختلافات بين الأعمار من حيث معدلات مهاجمة الفريسة والوقت المستغرق في الإلتهام ومعدلات التمثيل الغذائي التي تتزايد مع تقدم الأعمار.

٤- التغذية السابقة: Previous feeding history

هل تستطيع المفترسات أن تسترد عافيتها من التأثيرات الضارة على إنشائها ونموها بسبب ندرة فرائسها أثناء أطوار يرقية سابقة؟ في دراسة على فرس النبي *Tenodera sinensis* إتضح أن العمرين الأولين المتغذيين على كميات قليلة من الفرائس كانت أصغر حجماً وأمضيا فترة أطول في هذين العمرين عن تلك التي زودت بكميات كبيرة من الفرائس، لكن وجد في مجموعتين من ثلاث من هذا المفترس أن الأفراد التي ربيت في العمر الأول على غذاء فقير إستعادت عافيتها في العمر الثاني عندما تم تغذيتها على كمية أكبر من الغذاء حيث

زاد وزنها ونقصت فترة عمرها عن تلك التي غذيت أثناء هذا العمر على كمية كبيرة من الغذاء. كما أن الحوريات في أعمارها المتقدمة إستعاضت التغذية الفقيرة في أعمارها الأولى بزيادة أعلى في معدل إلتهامها للفرائس.

هذا وقد وجد نفس هذا السلوك أيضاً في حشرات أخرى مثل أسد المن *Chrysoperla carnea*، لكن خلال العمر اليرقي كله. فقد وجد أنه لا يوجد أي إختلاف معنوي في فترة العمر اليرقي الثالث بين مجموعتين من اليرقات إحداهما زودت بكمية كبيرة من الفرائس خلال أعمارها الثلاث اليرقية والأخرى زودت بكميات قليلة خلال العمرين الأولين وكمية كبيرة خلال العمر الثالث. لكن فترة النمو الكلية من لحظة الخروج من البيضة حتى التعذير كانت أطول معنوياً في المجموعة الثانية، بمعنى أن الإستشفاء recovery في معدل الإنشاء كان جزئياً. هذا وقد وجد أن الوزن الجاف المكتسب للعمر الثالث اليرقي لم يختلف معنوياً في كلا المجموعتين، وكذلك الحال أيضاً بالنسبة للوزن الكلي المكتسب خلال العمر اليرقي كله بمعنى أن الإستشفاء في النمو كان كاملاً. كما أن يرقات العمر اليرقي الثالث في المجموعة الثانية من التغذية التهمت من الفرائس كتلك في المجموعة الأولى من التغذية وكذلك الحال أيضاً في كل الأعمار اليرقية.

يطفو على السطح سؤال آخر وهو هل يمكن لليرقات التي لها معدل نمو أعلى في أحد الأعمار أن تبقى على هذه الميزة خلال الأعمار التالية؟؟. أظهرت النتائج – وعلى سبيل المثال – تلك التي أجريت على البقة المائية *Notonecta hoffmani* أنها تستطيع ذلك.

٥- الأغذية الأخرى خلاف الفرائس Non- prey foods

في حالة غياب الفريسة، تستطيع بعض المفترسات أن تكمل نموها اليرقي بالتغذية على أغذية أخرى غير الفرائس. من أمثلة تلك المفترسات بق الأزهار *Orius insidiosus* (Anthocoridae)، وأبو العيد *Coleomegilla maculate*. على العكس من ذلك، قد لا تستطيع البقة *Blepharidopterus angulatus* من إكمال نموها على غذاء من الندوة العسلية فقط، لكن الحوريات التي تستكمل تغذيتها بعد العمر الثالث على غذاء من المن تستطيع أن تكمل نموها. كذلك وجد أن يرقات أسد المن التي زودت بالندوة العسلية بجانب الفريسة إستهلكت من الفرائس عدداً أقل معنوياً وأكملت نموها أسرع معنوياً وكان وزنها أكبر معنوياً عن تلك اليرقات التي زودت بالفريسة فقط.

٦- حجم العائل: Host size

أ- في حالة الطفيليات التي تميت عوائلها Idiobionts

في عديد من الأنواع الطفيلية التي تميت عوائلها، يحدد حجم العائل حجم (أو كتلة) الأفراد الكاملة الناتجة سواء في الطفيليات الإنفرادية أو الجماعية. في حالة الطفيليات ليس من الضرورة أن يرتبط معدل الإنشاء إيجابياً مع حجم العائل الذي وضع فيه البيض. فعلى سبيل المثال يكون معدل الإنشاء في الطفيل *Trichogramma evanescens* أعلى في البيض المتوسط الحجم وأقل في البيض الصغير أو الكبير الحجم. بينما في الطفيل *Bracon hebetor* لا يتأثر وقت الإنشاء بحجم اليرقة العائله. في حالة الطفيليات التي تميت عوائلها ربما يكون عمر العائل من الأمور المحيرة confounding factor، فعلى سبيل المثال تستطيع الطفيليات التي تنمو في عذارى العائل أن تستفيد تماماً من كل من العذارى الحديثة التكوين وتلك التي يكون فيها الحشرة الكاملة للعائل قد قاربت على التكوين. وقد يكون لهذين النمطين المختلفين نفس المقاسات الخارجية ونفس الكتلة mass، لكنهما مختلفان في كمية المصادر الغذائية.

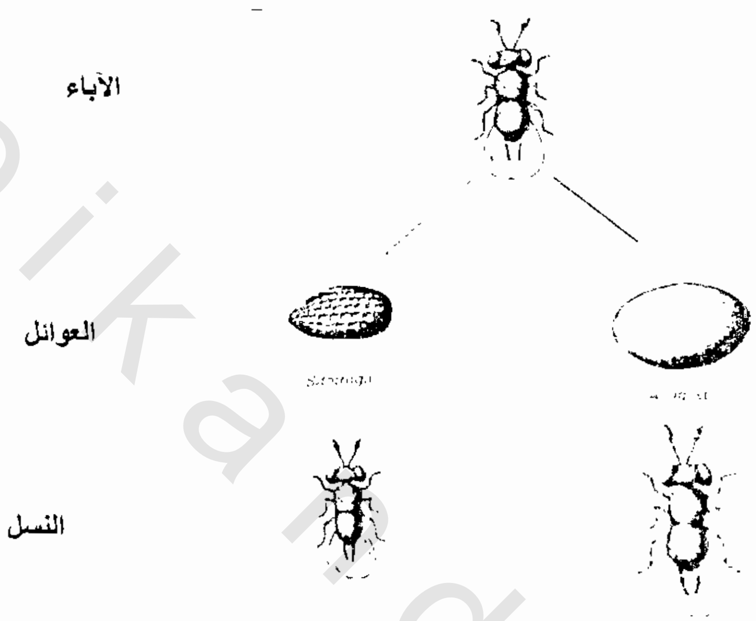
ب- في حالة الطفيليات التي لا تميت عوائلها Koinobionts

في هذه المجموعة من الطفيليات، تستمر عوائلها في التغذية والنمو. ولذا فليس من المتوقع وجود نفس العلاقة المتواجدة في طفيليات المجموعة الأولى، التي تميت عوائلها، بين حجم الذرية وحجم العائل أثناء وضع البيض بسبب التفاوت في نمو العائل أثناء النمو اليرقي للطفيل. من المعروف أن التطفل يؤثر على إستهلاك العائل لغذائه (كمية الغذاء أو معدل إستهلاك الغذاء)، فإما أن يقلله كما هو الحال غالباً في الأنواع الطفيلية الإنفرادية أو يزيده كما هو الحال غالباً في الأنواع الطفيلية الجماعية. فقد وجد مثلاً في حالة الطفيلين *Aphidius ervi*، *Venturia canescens* أنه لا يوجد علاقة خطية linear relationship بين حجم الطفيل الكامل وحجم عائله أثناء وضع البيض بالرغم من أنه توجد زيادة خطية linear increase في كلا النوعين بين حجم الطفيل وتقدم العمر اليرقي للعائل حتى العمر اليرقي قبل الأخير، إذ بعده لا يحدث مثل هذه الزيادة.

تتفاوت العلاقة بين معدل الإنشاء وحجم العائل أثناء وضع البيض، فإما أن تكون علاقة خطية مع كل الأحجام المتاحة للعائل ليصل إلى أعلى مداه في العوائل الكبيرة، أو علاقة غير خطية non- linear.

٧- نوع العائل: Host species

من المسلم به أن الأنواع المختلفة من العوائل تختلف في مصادرها الغذائية كماً ونوعاً، ولـذا فإنه من المتوقع أن يتفاوت إنشاء ونمو الطفيل وفقاً لنوع العائل المتطفل عليه. فعلى سبيل المثال يختلف حجم نسل الطفيل *Trichogramma evanescens* بإختلاف نوع العائل الحرشفي الأجنحة المتطفل عليه والذي تنمو في بيضته يرقة الطفيل، إذ يكون أكبر حجماً في حالة بيض فراشة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella* الأكبر حجماً عنه في حالة بيض فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* الأصغر حجماً (شكل ١٩:٣).



شكل (١٩:٣) التفاوت في حجم إناث الطفيل *T. evanescens* في الجيل المربى على أحجام متفاوتة من العوائل.

كذلك وجد أن الإنشاء والنمو يظهران إختلافاً متضاداً controversy في علاقتهما بنوع العائل. ففي حالة الطفيل *Telenomus lobatus* (Scelionidae) كان معدل النمو أسرع في بيض أنواع جنس *Chrysoperla* عن بيض أنواع جنس *Chrysopa* بالرغم من أن الكوامل الناتجة كانت أكبر حجماً في حالة أنواع الجنس الأخير إذ أن بيضه أكبر حجماً عن بيض أنواع جنس *Chrysoperla*.

٨- السموم المتواجدة في النبات المتغذى عليه العائل الحشري: Toxins in the host's food plant

من المتوقع أن نوع النبات الذي يتغذى عليه العائل الحشري يكون له تأثير غير مباشر على إنشاء ونمو الطفيل من خلال تأثيره على حجم العائل الحشري أو قد يكون له تأثيراً مباشراً بسبب وجود مواد سامة به. فعند تربية يرقات العائل *Helicoverpa zea* المتطفل عليه بالطفيل *Hyposoter exiguae* (Ichneumonidae) على بيئة صناعية تحتوي على نسب متفاوتة من مادة alkaloid α tomatine المتواجدة في الطماطم، وجد أن يرقات الطفيل النامية في عوائل غذيت على نسب متوسطة من هذه المادة نمت أبطأ وكان وزن كواملها أصغر عن تلك التي نمت في عوائل غذيت على بيئة خالية من هذه المادة. وقد وجد نفس التفاوت أيضاً في فترة عمر العذراء.

كذلك وجد أن نمو الطفيل *Campoletis sonorensis* (Ichneumonidae) (وكذلك عائله *Heliicoverpa virescens*) تحسن عند إضافة كميات قليلة من مادة الجوسيبول gossypol في البيئة الصناعية للعائل. أما التركيزات الأعلى من المادة فقد أدت إلى إنخفاض النمو في كل منهما.

٩- التطفل المتزايد: Superparasitoidism

التطفل المتزايد هو وضع بيضة واحدة (في حالة الطفيليات الإنفرادية) أو عدد من البيض (في حالة الطفيليات الجماعية) في عائل سبق التطفل عليه. في حالة الطفيل الإنفرادي تعيش يرقة واحدة فقط في كل عائل سبق التطفل عليه، لكن في الطفيل الجماعي يعتمد عدد اليرقات العائشة survivors في العائل الواحد على عوامل منها:-

١- العدد الكلي للبيض الموجود داخل العائل أو خارجه.

٢- حجم العائل السابق التطفل عليه.

سوف نتناول بالشرح في هذا الجزء تبعات لياقة اليرقات الطفيلية العائشة وإلى أي مدى يمكن أن يتأثر النمو اليرقي بالتطفل المتزايد.

أ- في الطفيليات الإنفرادية Solitary

يفترض أن التطفل المتزايد ليس له تبعات على لياقة اليرقات العائشة، بمعنى أنه لا يزيد فترة النمو اليرقي ولا يقلل من حجم الطفيليات الكاملة الناتجة. وقد يبدو هذا الإفتراض

مقبولاً طالما أن اليرقات الزائدة عن العدد المحدد أو المطلوب supernumerary larvae (وهي اليرقات الزائدة عن أقصى عدد يمكن أن يعيش، أي يكمل نموه)، عادة ما يتم التخلص منها قبل أن يستفيد من كمية مناسبة من المصادر الغذائية للعائل. فعلى سبيل المثال، وجد أنه ليس هناك من الدلائل ما يوضح أن كوامل الطفيل *Leptopilina heterotoma*، كمقياس للنمو اليرقي، الخارجة من عوائل مفردة التطفل singly parasitized تكون أكبر حجماً من نظيراتها الخارجة من عوائل متزايدة التطفل. إلا أنه ربما يكون للتطفل المتزايد تأثيراً على لياقة يرقات بعض الأنواع الطفيلية الأخرى. فعلى سبيل المثال، تستغرق يرقات كل من الطفيلين *Venturia canescens* (Ichneumonidae) و *Microctanus vittatae* (Braconidae) وقتاً أطول في نموهما في العوائل المتزايدة التطفل عن تلك المفردة التطفل. كذلك وجد أنه عند تعريض أفراد عائل الطفيل *Cardiochiles nigriceps* إلى مرات متباينة من غرزات وضع البيض، وجد أنه كلما زاد معدل التطفل المتزايد كلما طال متوسط فترة النمو اليرقي لليرقة العائشة. في حالة الطفيليات التي تسمح لعائلها بالنمو koinobionts لا بد أن يكون لدى اليرقة العائشة القدرة على تعويض نموها اليرقي المنخفض أثناء نموها الجنيني واليرقي المبكر (حيث التنافس مع اليرقة المنافسة على مصادر العائل الغذائية) وذلك بزيادة النمو ومعدله في أعمارها التالية. فقد وجد أنه عند تعريض أفراد المن إما لغرزة واحدة فقط أو لعدة غرزات (تطفل متزايد) من وخزات الطفيل *Aphidius ervi* أن الوزن الجاف للفرد الناتج من عوائل متزايدة التطفل زاد بمعدل ٤١% أكثر من ذلك الخارج من عوائل مفردة التطفل singly، بمعنى أن النمو اليرقي growth قد تحسن مع التطفل المتزايد ولم يأخذ وقتاً طويلاً في نموه، وأن معدل النمو اليرقي لم يتأثر. وربما يكون التفسير المقبول لهذه النتائج وذلك التأثير أن العوائل متزايدة التطفل يزداد معدل إغتذائها. في هذه التجربة، تم إستخدام إناث غير ملقحة بهدف إستبعاد إحتمال التميز الناتج عن إختلاف النمو (والمعيشة) بين اليرقات الذكور والإناث. هذا وقد سبق أن ذكر أيضاً أن حجم الطفيل *L. heterotoma* لم يتأثر بالتطفل المتزايد. وفي مثل هذه الحالة إما أن يكون التعويض كاملاً أو لا يحدث نقص في النمو اليرقي بسبب التطفل المتزايد. يمكن أن يتأثر معدل النمو اليرقي أيضاً بظاهرة التطفل المتزايد غير المتجانس heterospecific superparasitoidism (التطفل المتعدد multiparasitoidism).

ب- في الطفيليات الجماعية: Gregarious

من المتوقع أن تتعاظم المنافسة بين اليرقات الطفيلية على المصدر الغذائي للعائل بسبب التطفل المتزايد فيقل النمو اليرقي ومعدل الإنشاء للأطوار غير الكاملة للطفيل، ولو أنه قد وجد في حالة الطفيل *Cotesia glomerata* أن زيادة الكثافة اليرقية في العائل قد أبطأت النمو بدرجة بسيطة جداً، بل بالعكس فإن معدل الإنشاء في حالة الطفيل *Pteromalus puparium* يميل إلى الزيادة. كذلك لا يوجد تناقص معنوي في حجم الجسم مع زيادة عدد أفراد الطفيل *C. glomerata* المتطفل على العائل *Pieris brassicae* ولو أن هذا التأثير قد ظهر عند التطفل على العائل *Pieris rapae*.

١٠- تاريخ حياة الطفيل: Parasitoid life- history

هناك بعض الإختلافات بين الطفيليات المميتة لعوائلها idiobionts وتلك التي تسمح لها بالنمو koinobionts فيما يتعلق بالنمو والإنشاء، وكذا بعض الظروف الأخرى المتعلقة بتاريخ حياة الطفيليات يمكن تلخيصها كما يلي:-

١- تقصر فترة حضانة البيض في الطفيليات ذات العوائل غير المحكمة poorly concealed عن تلك التي تكون عوائلها جيدة الإحكام.

٢- تطول فترة التعذير وكذا فترة النمو الكلية (من وضع البيض إلى خروج الحشرة الكاملة) في الطفيليات غير المميتة لعوائلها koinobionts عن الطفيليات المميتة لعوائلها idiobionts مثل طفيليات اليرقة الخارجية larval ectoparasitoids.

٣- تطول فترة النمو الكلية في أنواع طفيليات المناطق المعتدلة الحرارة temperate عن تلك في المناطق الإستوائية tropical regions.

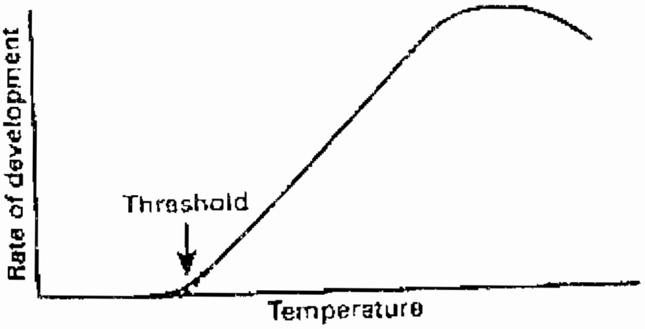
٤- تطول فترة النمو الكلية في طفيليات البيض عن تلك في طفيليات العذارى.

ب- تأثير العوامل الطبيعية على النمو والإنشاء:

١- درجة الحرارة:

أ- معدل الإنشاء

لكل حشرة حد أدنى من درجات الحرارة، أقل منه يقف النمو، ويشار إليه في بعض الحالات بالمصطلح صفر الإنشاء development zero (شكل ٣: ٢٠).



شكل (٣:٢٠) معدل إنشاء الحشرة وعلاقته بدرجة الحرارة

هناك أيضاً حد أعلى لدرجات الحرارة، إذا زيد عنه يحدث زيادة طفيفة في معدل الإنشاء. بصفة عامة، فإن العلاقة بين درجات الحرارة ومعدل الإنشاء ليست خطية non- linear relationship، لكن في الحدود الوسطية لدرجات الحرارة عادة ما يتزايد معدل الإنشاء في علاقة خطية مع درجات الحرارة. وهذا شئ غامض إذ أن معدل النشاط الإنزيمي (من المفترض أنه مرتبط بالإنشاء) يتزايد بإرتفاع درجات الحرارة في علاقة غير خطية بل في علاقة أسيَة sponentially. تتوقف التأثيرات السيئة للحد الأقصى لدرجة الحرارة على مدة تعرض الحشرة لها.

يمكن للمشتغلين في مجال المكافحة البيولوجية من الإستفادة من البيانات المعملية عن تأثير درجات الحرارة على فترة النمو الكلي في إتخاذ القرارات المتعلقة بإستيراد أنواع أو سلالات الطفيليات والمفترسات إلى المناطق الجديدة. وعادة ما تستورد الأعداء الطبيعية من مناطق لها نفس الظروف المناخية بقدر الإمكان مع ظروف المنطقة المزمع إطلاق هذه الأعداء فيها. وفي حالة ما إذا كان هناك أنواع عديدة أو سلالات يختار منها، فالأصلح منها هي تلك التي تكون درجة الحرارة المثلى لنموها أقرب ما يكون لظروف منطقة الإستيراد. ومن الأمثلة الكلاسيكية على فشل المكافحة البيولوجية الناتج عن عدم تكيف النوع الحشري المستورد مع ظروف البيئة الجديدة هو إستيراد سلالة فرنسية من الطفيل *Trioxys pallidus* إلى كاليفورنيا لمكافحة حشرة مَنْ جوز الهند، إذ كان تأقلمه مع الظروف المناخية ضعيفاً جداً ولم يستطع أقلمة نفسه خصوصاً في وسط كاليفورنيا حيث درجات الحرارة العالية والرطوبة المنخفضة في الصيف. وعلى العكس من ذلك فقد تأقلمت السلالة الإيرانية بدرجة عالية جداً عند إستيرادها.

هذا ويمكن أيضاً الإستفادة من العلاقات بين درجات الحرارة ومعدلات النمو في التنبؤ بديناميكية التعدادات الحشرية والقمم التعدادية peaks لنشاط الطفيليات، والتزامن بين خروج الطفيل وعائله كما في حالة الطفيل *Copidosoma koehleri* المتطفل على فراشة درنات البطاطس.

ب- معدل النمو: Growth rate

معظم الدراسات التي تمت عن تأثير درجات الحرارة كانت مع فترة الإنشاء متجاهلة تأثيرها على معدل النمو growth. يتم تحديد العلاقة بين معدل النمو ودرجة الحرارة بالتقدير المباشر للزيادة مع إرتفاع درجات الحرارة في حدود المدى الحراري الذي ترتبط معه بعلاقة خطية.

ج- العلاقة بين درجة الحرارة ومعدل الإستهلاك: Consumption rate

بينما تؤثر درجات الحرارة على معدلات الإنشاء والنمو تأثيراً مباشراً على المفترسات، فإنها أيضاً يمكن أن تؤثر على معدل الإستهلاك. يرتبط معدل مرور الغذاء في القناة الهضمية إرتباطاً موجباً مع درجات الحرارة وهذا بالتالي سوف يؤثر على معدل الإستهلاك من خلال تأثيره على جوع الحشرة، إذ يرتبط جوع الحشرة إرتباطاً مباشراً مع درجة تفريغ المعدة من الغذاء.

٢- العوامل الطبيعية الأخرى:

يرقات المفترسات النهارية، مثلها مثل حشراتها الكاملة، يتناقص معدل إستهلاكها اليومي مع إنخفاض فترة الإضاءة، وهذا سوف ينعكس على معدلات الإنشاء والنمو. كذلك فإن يرقات المفترسات الأرضية، مثليا مثل حشراتها الكاملة، يزداد معدل إستهلاكها الفرائسي مع إنخفاض درجة الرطوبة مما يدفعها للنمو اليرقي الأكبر والأسرع. يمكن أن تنمو يرقات المفترسات بدرجة أسرع في الحضانات عن حجرات التربية الواسعة حتى لو كانت درجات الحرارة متساوية وذلك بسبب إنخفاض الرطوبة في الحالة الأولى.

خامساً: تعدد الأجنة فى الطفيليات الحشرية Polyembryony in Insect Parasitoids

تعتبر ظاهرة تعدد الأجنة Polyembryony فى الطفيليات الحشرية من ظواهر التكاثر غير العادية والتى تتميز بها الطفيليات الداخلية عن غيرها، وفيها ينمو من البيضة الواحدة أكثر من

جنين واحد. تتواجد هذه الظاهرة فى أربعة عائلات حشرية فقط من الطفيليات الداخلية هى Drynidae، Braconidae، Encyrtidae وأخيراً Platygasteridae. فى مثل هذه الطفيليات التى تتكاثر بتعدد الأجنحة، تضع الأنثى بيضاً فقيراً فى المح وغالباً صغير الحجم جداً. تتواجد هذه الظاهرة أيضاً فى معظم طفيليات حشرات فوق عائلة الجراد Acridoidea. غالباً ما تكون هذه الطفيليات صغيرة فى الحجم لا يتعدى طولها ١-٢ مم، معدنية اللون ونشيطة الحركة.

تنضج البيضة داخل العائل إثر إنقسامين متتاليين لنواتها. الأول إنقسام ميوزى والثانى إنقسام ميتوزى لينتج عنها أربعة أنوية بكل نواة نصف عدد الكروموسومات (١ ن). يهاجر ثلاثة منهم إلى المنطقة العليا وتسمى بالأنوية القطبية polar nuclei لتكون بعد ذلك ما يعرف بالمنطقة القطبية polar region أو الجسم القطبى والذي يرتبط فى مرحلة تالية بالجزء الأكبر من سيتوبلازم البيضة ليكون الرهل المغذي trophamnion الذي يقوم بتغذية الأجنة. أما النواة الرابعة فتهاجر إلي أسفل وترتبط مع باقي السيتوبلازم لتكوين المنطقة الجنينية embryonic region والتى غالبا ما تحاط بالرهل المغذي. تنقسم نواة المنطقة الجنينية إنقسامات متتالية وسريعة غالباً ما تستغرق ساعتين بين كل إنقسام وآخر، ثم بعد ذلك تحاط كل نواة بجزء من الرهل المغذي وذلك لتكوين جنين مستقل. غالباً ما يمر الغذاء المطلوب من العائل للجنين من خلال هذا الرهل المغذي.

غالباً ما تحدث معظم هذه الإنقسامات المتتالية السريعة بعد وضع البيض مباشرة داخل بيض العائل الحشري المتطفل عليه. علي سبيل المثال، وجد سرحان وأخرون (١٩٩٧) أنه فى حالة الطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* الذى يتطفل على بيض فراشة درنات البطاطس (الأشكال من٣:٢١ – ٣:٣٥). تحدث الإنقسامات السريعة بصورة متلاحقة ويتغير شكل البويضة من الشكل الإنسرتي encyrtiform المعتاد (شكل ٣:٢١)، والذي غالبا مايكون له ساق stalk مملوءة بالمح والسيتوبلازم، إلي شكل مختلف بعد الوضع مباشرة، إذ تنكمش الساق crumbled stalk وتخلو من المح (شكل ٣:٢٢) وتبدأ الإنقسامات في الظهور (شكل ٣:٢٣ – ٣:٢٧)*. بعد حوالى ٩ ساعات تفقد البيضة ساقها (شكل ٣:٢٨) وتستدير وتظهر فيها المناطق الجنينية محاطة بالسيتوبلازم، ثم تفقد البويضة القشرة chorion وتصبح بدون قشرة chorionless وذلك لإعطاء مساحة أكبر لبيضة الطفيل للإنقسام والزيادة في الحجم (شكل ٣:٢٩). عند فقس بيضة العائل المتطفل عليه تكون بيضة الطفيل مرتبطة بالجسم الدهنى fat body الموجود فى

---

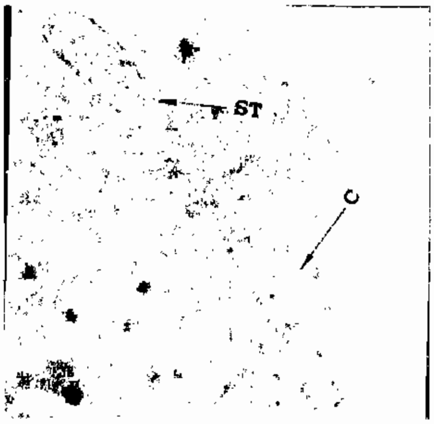
* قد يحدث الإنقسام بوسط البيضة (شكل ٣:٢٣)، أو بالطرف العلوى لها (شكل ٣:٢٤).

الناحية الظهرية لمنطقة المعى الأمامي stomadaeum ليرقة العائل ويكون من الصعب العثور عليها. بعد تحرر الأجنة من القشرة فإنها تزداد تدريجياً في الحجم لتعطي الشكل التوتي المميز للنمو المتعدد الأجنة (الشكل٣:٣٠ – ٣:٣٣). تبدأ هذه الأجنة الكثيرة في أخذ إحتياجاتها الغذائية من العائل وخاصة من الجسم الدهني، كما أنها تحصل على إحتياجاتها التنفسية من القصبات الهوائية للعائل (شكل ٣:٣٢). غالبا ما يبدأ ظهور الأجنة النامية للطفيل في العمرين الأخيرين للعائل وخاصة العمر الثالث وتبدأ ظهور منطقة الرأس والصدر والبطن للطفيل. يتزامن تحرر يرقات العمر الأول للطفيل غالباً مع وصول يرقة العائل إلى العمر اليرقى الأخير الذي يتسع لكل هذه اليرقات الطفيلية.

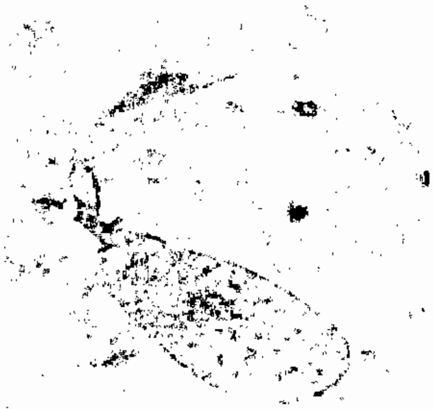
عند تغذية يرقات العمر الأول للطفيل وتقدمها فى النمو تنسلخ لتعطى العمر الثانى (فى معظم الحالات بعد ٤٨ ساعة) والذى بدوره يكتمل نموه بعد أقل من يومين مما يؤدى لإستهلاك محتويات العائل الداخلية مثل الأجهزة الداخلية (قناة هضمية، وعاء موى، جهاز عصبى، جسم دهنى ... إلخ) ولا يتبقى من العائل سوى جدار الجسم الخارجى والقصبات الهوائية الرئيسية.

عند إكتمال نمو يرقات الطفيل فإنها تُخرج محتويات قنواتها الهضمية داخل يرقات العائل مما يؤدى إلى موت العائل نتيجة للتسمم الحادث بسبب الإخراج defecation. عند ذلك تتحول يرقات الطفيل إلى طور ما قبل العذراء prepupa وهو طور أبيض اللون صغير الحجم. وبعد يوم واحد تقريباً، يتحول الطفيل إلى طور العذراء والذى يكون بداية أبيض اللون ثم ما يلبث أن يتحول إلى اللون الأسود شيئاً فشيئاً حتى تصبح عذارى الطفيل كلها سوداء اللون متراصة داخل يرقات العائل، ويكون من السهل تمييز أفراد الطفيل داخل جلد العائل حيث يظهر كل فرد كنتوء protuberance بداخله. وهنا تتحول يرقات العائل إلى مومياوات mummies يتراص بداخلها عذارى الطفيل فى شكل هندسى جميل (شكل ٣:٣٤).

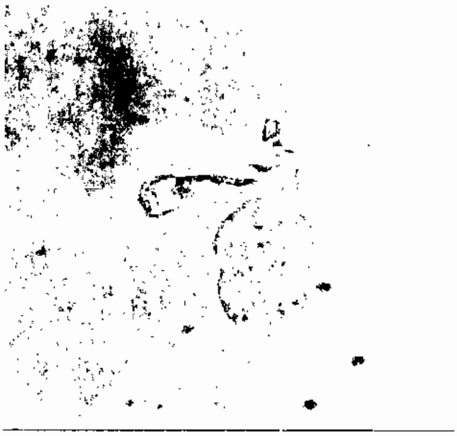
تعتبر فترة العذراء فى الطفيليات متعددة الأجنة فترة طويلة نسبياً (أكثرمن ١١ يوم) عند مقارنتها بفترة الطور اليرقى التى لا تتعدى (٣-٤ يوم) وذلك عند درجة حرارة قدرها ٢٥°م. عند إكتمال النمو العذرى لتلك الطفيليات، تبدأ الحشرات الكاملة فى الخروج، وذلك عن طريق قطع جزء من جدار جسم العائل (الهش جداً والضعيف) وتكوين ثقب الخروج emergence hole. غالباً ما تبدأ الذكور بالخروج أولا ثم تلحقها الإناث. يصل عدد ثقوب الخروج فى المومياء الواحدة إلى أكثر من ٣٠ ثقب خروج.



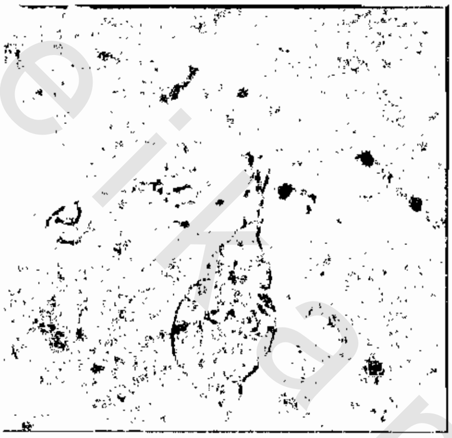
شكل ٣:٢١: بيضة الطفيل *C. desantisi* داخل مبيض الأنثى. (C) قشرة البيضة ، (ST) ساق البيضة



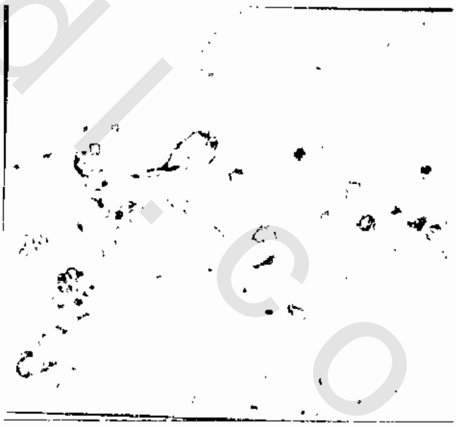
شكل ٣:٢٢: بيضة الطفيل *C. desantisi* بعد وضعها مباشرة داخل بيضة العائل



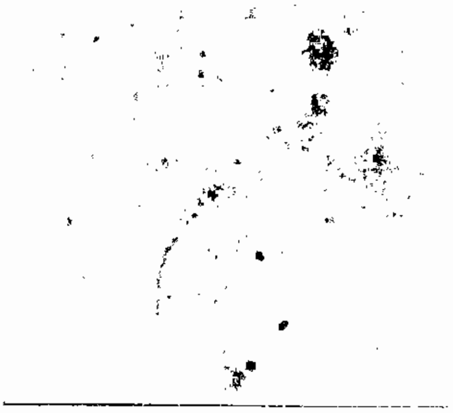
شكل ٣:٢٣: بيضة الطفيل *C. desantisi* بعد ساعتين من وضعها داخل بيضة العائل



شكل ٣:٢٤: بيضه الطفيل *C. desantisi* بعد ساعتين من وضعها داخل بيضة العائل

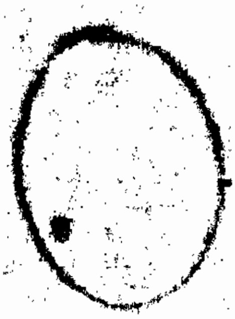


شكل ٣:٢٥: بيضة الطفيل *C. desantisi* بعد ٤ ساعات من وضعها داخل بيضة العائل

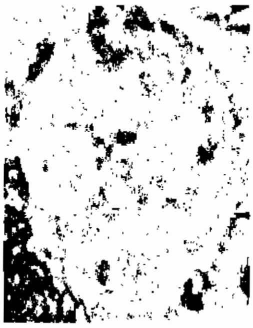


شكل ٣:٢٦: بيضة الطفيل *C. desantisi* بعد ٦ ساعات من وضعها داخل بيضة العائل

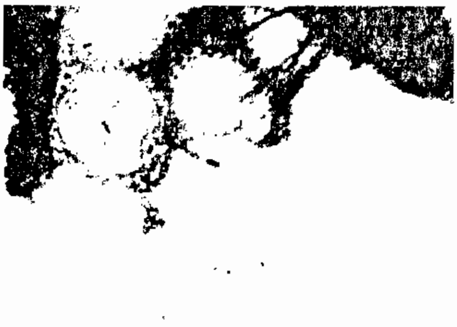
شكل ٣:٢٧: بيضة الطفيل C. *desantisi* بعد ٨ ساعات من وضعها داخل بيضة العائل



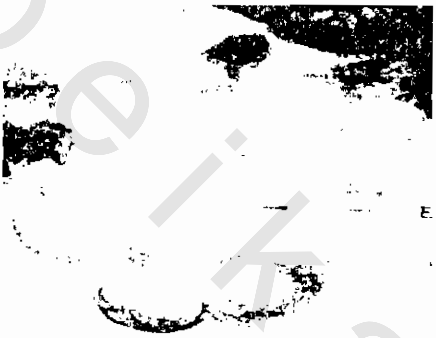
شكل ٣:٢٨: بيضة الطفيل C. *desantisi* بعد ٩ ساعات من وضعها داخل بيضة العائل



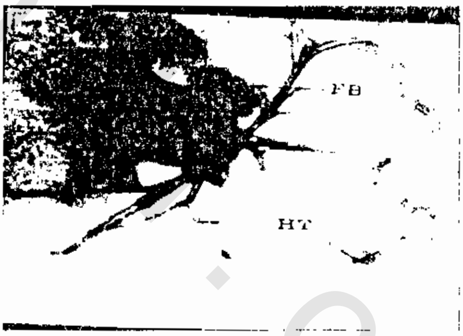
شكل ٣:٢٩: بيضة الطفيل C. *desantisi* بعد ٢٤ ساعة من وضعها داخل بيضة العائل



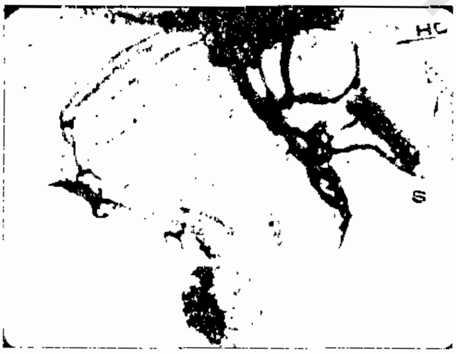
شكل ٣:٣٠: الجسم التوتى الأولى Primary polymorulae للطفيل *C. desantisi* داخل العمر اليرقى الثانى لفراشة درنات البطاطس.



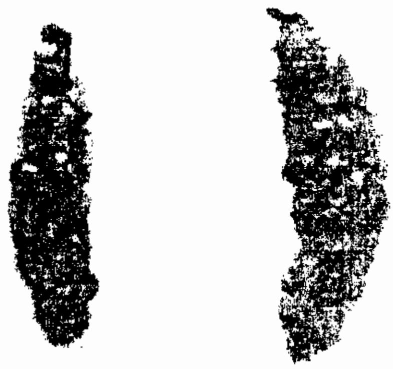
شكل ٣:٣١: الجسم التوتى الأولى Primary polymorulae للطفيل *C. desantisi* داخل العمر اليرقى الثالث لفراشة درنات البطاطس. (E) تعنى جنين



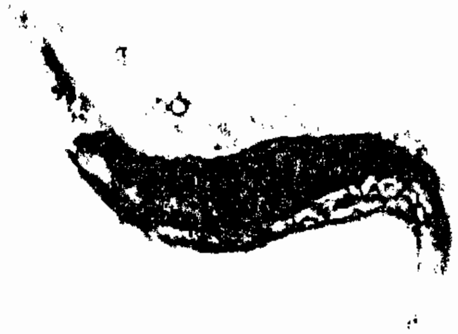
شكل ٣:٣٢: الجسم التوتى الثانوي secondary polymorulae للطفيل *C. desantisi* داخل العمر اليرقى الثالث لفراشة درنات البطاطس. (FB) الجسم الدهني، (HT) القصبة الهوائية للعائل.



شكل ٣:٣٣: الجسم النوتى الثانوي secondary polymorulae للطفيل *C. desantisi* داخل العمر اليرقى الثالث لفراشة درنات البطاطس. (S) تعنى التحليق ، (HC) علبة الرأس ليرقة الطفيل



شكل ٣:٣٤: عذارى الطفيل *C. desantisi* داخل العمر اليرقى الأخير لفراشة درنات البطاطس والذى تحول إلى مومياء. لاحظ أن كل بروز هو عبارة عن عذراء للطفيل



شكل ٣:٣٥: اليرقه اللاجنسية أو الدفاعية asexual or defender larvae للطفيل *C. desantisi* والتى تتواجد داخل الأعمار اليرقية للعائل.

تتميز هذه المجموعة من الطفيليات عن غيرها فى وجود ما يعرف باليرقات المبكرة precocious larvae أو اللاجنسية asexual larvae أو يرقات الدفاع defender or soldier larvae (شكل ٣:٣٥) وكلها مسميات مختلفة لنفس اليرقات. ومثل هذه اليرقات لم يسجل وجودها حتى الآن إلا فى هذه المجموعة من الطفيليات وهو ما يعبر عنه علمياً بأنها صفة فوق عادية extraordinary attribute. تتميز هذه اليرقات مورفولوجياً عن غيرها فى شكلها الثعبانى serpentine shape الذى يسهل من حركتها داخل تجويف دم العائل، وكذلك بإمتلاكها لفكوك قوية وكبيرة الحجم مقارنة باليرقات الجنسية، كما أنها تتميز أيضاً عن اليرقات الجنسية زمانياً فى كونها تتواجد فى الفترة التى يكون فيها بيضة الطفيل لازالت فى طور الجسم التوتى الأولى أو الثانوى. عند التشريح، يمكن ملاحظة هذه اليرقات داخل تجويف دم يرقة العائل بداية من العمر اليرقى الأول وحتى الأخير. وعند وصول يرقات الطفيل الجنسية لاكتمال النمو وتحررها من الجسم التوتى الثانوى، فإن هذه اليرقات اللاجنسية تموت أو تستهلك بواسطة اليرقات الجنسية التى سوف تنمو وتعطى أفراداً للطفيل، أما تلك اليرقات اللاجنسية فإنها لا تنمو أو تتطور لتعطى أية أفراد بل تموت غالباً عند تحرر اليرقات الجنسية للطفيل داخل تجويف العائل.

وحتى الآن، فإن منشأ هذه اليرقات غير محدد علمياً بدقة، كما أن طبيعة النمو ودوافعه غير معروفة على النحو الدقيق. تعتبر الوظيفة الأساسية لتلك اليرقات هى وظيفة دفاعية ضد هجوم الطفيليات المنافسة. فكما ذكر فى هذا المجال، أنه نظراً لطول فترة حضانة بيضة الطفيل داخل

العائل والتى تربو على أكثر من ٢٠ يوم تحت درجة حرارة ٢٥ ºم، فإن مثل هذه الطفيليات تلجأ لتكوين اليرقات الدفاعية أو اللاجنسية حتى تقوم بالدفاع عن العائل المتطفل عليه وعدم استغلاله بواسطة أى طفيل آخر. ومما يدلل على ذلك، أنه فى بعض الدراسات الحديثة، وجد أنه عند دراسة المنافسة الداخلية intrinsic competition بين طفيل اليرقة الداخلى *Glyptapanteles pallipes* مع الطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma floridanum* داخل يرقات العائل *Trichoplusia ni*، أظهرت النتائج أن جميع اليرقات التى كانت متطفل عليها بكلا الطفيلين نمت وتطورت لتعطى فقط *C. floridanum* وأن بيض ويرقات الطفيل الأخر كانت مدمرة تماماً بواسطة اليرقات الدفاعية للطفيل المتعدد الأجنة. تم التوصل لنفس النتائج فى حالة دراسة المنافسة الداخلية بين طفيل اليرقة الداخلى الإنفرادي *Micropletis demilitor* والطفيل *C. floridanum* داخل يرقات العائل *Trichoplusia includens* حيث وجد أن جميع أفراد العائل المتطفل عليها قد أعطت أفراداً من الطفيل المتعدد الأجنة *C. floridanum*، وقد عزى السبب فى هذا إلى مهاجمة يرقات الطفيل الإنفرادى بواسطة اليرقات الدفاعية للنوع المتعدد الأجنة. من ناحية أخرى، وفى دراسة حديثة، وجد أن طفيل البيضة *Trichogramma evanescens* يتفوق كلية على الطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* وقد عزيت هذه النتائج إلى عدم وجود اليرقات الدفاعية أو اللاجنسية خلال طور بيضة العائل ووجودها فقط خلال الطور اليرقى للعائل مما يجعل التفوق على طفيل بيضة أمراً مستحيل الحدوث.

أما الوظيفة الأخرى لهذه اليرقات، فهى قتل يرقات الذكور داخل العائل المتطفل عليه kill male siblings، والذى بدوره يغير من النسبة الجنسية النهائية الناتجة من اليرقة الواحدة من مومياوات العائل. فى حالة الطفيليات متعددة الأجنة التى تضع بيضة واحدة مخصبة داخل الفرد الواحد من العائل، فإن اليرقات الدفاعية هذه يكون وظيفتها الأساسية هو الدفاع عن اليرقات الأنثى ضد هجمات الطفيليات الأخرى المنافسة داخل يرقات العائل الحشرى، أما فى حالة الأنواع من الطفيليات التى تضع أكثر من بيضة منها المخصب وغير المخصب، فإن اليرقات الدفاعية هنا يكون وظيفتها الأساسية هى قتل الكثير من يرقات الذكور وبالتالى تكون نسبة الإناث فى النسل الناتج من مومياوات مختلطة الجنس (تحتوى على ذكور وإناث) غالباً ما تصل إلى ٩٥%.

عموماً فإن عدد هذه اليرقات اللاجنسية يختلف تبعاً لعدد بيضات الطفيل التى تم وضعها داخل العائل المتطفل عليه حيث لم يزد هذا العدد عن يرقتين فقط فى حالة الطفيل *C. desantisi* المتطفل على فراشة درنات البطاطس مهما كان عدد البيض الموضوع داخل العائل، بينما يصل

هذا العدد إلى أكثر من ٣٠ يرقة لا جنسية (دفاعية) داخل يرقة حشرة *Trichoplusia includens* المتطفل عليها بواسطة الطفيل *C. floridanum*. هذا ويكون تكوين تلك اليرقات فى حالة وضع بيض مخصب داخل العائل أسرع وأكثر عدداً مقارنة بالبيض غير المخصب لنفس نوع الطفيل. يتوقف أيضاً تعداد تلك اليرقات فى الطفيل *C. floridanum* على حالة العائل الحشرى المتطفل عليه، فلا يزيد نسبة تلك اليرقات الدفاعية إلى اليرقات الجنسية عن ٤% فى العوائل غير المعرضة للهجوم بطفيليات أخرى، بينما تزيد هذه النسبة إلى ٢٤% فى حالة العوائل التى تهاجم بطفيليات منافسة أخرى.

يكون للطفيليات متعددة الأجنة قدرة تناسلية واقعية realized fecundity (عدد البيض الموضوع فعلياً داخل العائل) منخفضة نسبيا عند مقارنتها بالكثير من الطفيليات الأخرى. وهذا بلاشك. هو نتيجة إمتلاك هذه الطفيليات لخصوبة عالية fertility (عدد الأفراد الناتجة من الأنثى الواحدة طوال حياتها) والتى تجعل مثل هذه الطفيليات متفوقة عن غيرها من الطفيليات بيولوجيا.

تتميز مثل هذه الطفيليات بطول فترة حضانة البيض incubation period إذ تكون هذه الفترة هى الأطول فى كل دورة حياة الطفيل حيث فيها يحدث الإنقسامات المتتالية والسريعة للبيضة لتعطى العشرات بل المئات والألوف من الطفيليات. وصلت هذه الفترة فى الطفيل *C. desantisi* إلى ما يقرب من٢٠ يوم تحت درجه حراره ٢٥ م° وأكثر من ٣٧ يوم على١٥°م. أما بالنسبة للأعمار اليرقية (غالبا عمرين فقط فى جنس *Copidosoma*) فهى سريعة نسبياً ولا تتعدى الخمسة أيام. تكون فترة العذراء طويلة نسبياً وتكون تقريباً ضعف فترة النمو اليرقي (تصل الى عشرة أيام). عند تمام النمو اليرقى للعائل، غالبا ما يسمح الطفيل للعائل ببداية غزل شرنقة العذراء فقط والنزول للتعذير بالتربة، ولكن لا يسمح له بالتحول إلى عذراء حقيقية. ثم ما يلبس أن تتحول يرقة العائل داخل الشرنقة إلى مومياء محتوية على عذارى الطفيل.

أثبتت الدراسات أن هذه الطفيليات تستطيع أن تحدث تغيرات فسيولوجية وبيولوجية فى عائلها، حيث وجد أن الطفيل *Copidosoma floridanum* يغير من تركيز ونسب هرمون الأنسلاخ (molting hormone= MH) وهرمون الشباب أو الحداثة (juvenile hormone = JH) مما يؤدى إلى إطالة فترة نمو الأعمار الحديثة للعائل بصورة معنوية عند مقارنتها باليرقات غير متطفل عليها. فى هذه الأثناء، لا تظهر تغيرات مورفولوجية جوهرية يمكن ملاحظتها بالعين المجردة على العائل. يمكن تمييز يرقات فراشة درنات البطاطس المتطفل عليها بطفيل *C. desantisi* فقط خلال العمرين الأخيرين (الثالث والرابع) حيث أنها تكون أسمن وزائدة فى الحجم. أيضاً وجدت بعض

الفروق المورفولوجية فى يرقات *Trichoplusia ni* المتطفل عليها ولكن هذه الفروق كانت غالباً فى عرض منطقة الرأس والصدر وليست فى البطن. ومما لا شك فيه، أن زيادة فترة نمو الأعمار اليرقية للعائل، تعطى الطفيل ميزة إضافية لتكملة نموه بصورة جيدة وهذا ما يعرف علمياً بظاهرة تنظيم العائل host regulation ليناسب ويلائم نمو الطفيل داخل عائله.

التطفل المتزايد فى الطفيليات متعددة الأجنة:

تظهر فى مثل هذه الطفيليات، خاصة طفيليات عائلتى Encyrtidae & Platygasteridae صفة التطفل المتزايد superparasitoidism والذى يكون فى هذه الحالة من الصفات الهامة والمساعدة فى زيادة تعداد الطفيل داخل العائل. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل *Copidosoma desantisi* المتطفل على فراشة درنات البطاطس يفتقد القدرة العالية لتمييز العائل host discrimination إذ تستمر نفس الأنثى فى وضع البيض فى العائل المتطفل عليه رغم توفر العوائل غير المتطفل عليها. مثل هذه الظاهرة فى الطفيليات الإنفرادية solitary parasitoid هى صفة غير مرغوب فيها بالتأكيد حيث تزيد من الفاقد من النسل وتزيد من شدة التنافس بين الأطوار غير الكاملة للطفيل الواحد داخل العائل، ولكن فى الطفيليات المتعددة الأجنة فتعتبر صفة مطلوبة وميزة فى نفس الوقت، حيث وجد أنه فى الطفيل *C. desantisi* يحتوى الجسم التوتى الثانوى secondary polymorulae على ٢٤–٢٨ جنين فقط بالرغم من أن يرقة العائل يمكن أن تتسع لنمو ما يربو على ٦٨ فرد داخلها، وبالتالى تقوم أنثى الطفيل بالتطفل المتزايد لتزيد من إستغلال العائل exploitation بصورة سليمة. وكنتيجة متوقعة للتطفل المتزايد فى مثل هذه الطفيليات والذى يصاحبه وضع بيض مخصب وغير مخصب، يظهر النسل المختلط mixed sex broods للطفيل من نفس العائل الحشرى. أثارت مثل هذه النقطة بعض التضارب ولكن ثبت بما يدع مجالا للشك أن النسل الناتج من البيضة الواحدة كله يتبع جنس واحد وأن هذه الظاهرة (النسل المختلط) هى عملية طبيعية للتطفل المتزايد بحيث أن البيضة المخصبة تنتج إناثا وغير المخصبة تنتج ذكوراً.

لا يكون السلوك البحثى لمثل هذه الطفيليات بالدرجة العالية إذا ما قورن بالطفيليات الإنفرادية حيث أن ملاقاة عدد قليل جداً من العائل يكون كاف بلا شك لتكوين جيل كامل من الطفيل.

يعتمد عدد الأفراد الخارجة من العائل الحشرى على:

أ- **عدد البيض الموضوع** بواسطة أنثى الطفيل داخل بيضة العائل.

ب- **حاله النمو للأطوار اليرقية للعائل** حيث أنه فى اليرقات الأكبر حجما يكون هناك متسعاً من المكان والمواد الغذائية لتغذية عدد أكبر من يرقات الطفيل.

ج- **نوع الطفيل وحجم يرقة النوع الحشرى المتطفل عليه.** على سبيل المثال، كان أكبر عدد من الطفيليات الخارجة من العائل الواحد فى طفيل *C. desantisi* المتطفل على فراشة درنات البطاطس هو ٧٢ فرداً ، بينما كان عدد الأفراد الخارجة من العائل الواحد من طفيل *Copidosoma* sp. المتطفل على دوده *Heliothis zea* هو ٣٤٧ (٢٠-٦١٥) فردا، أما الأكثر على الإطلاق فهو الطفيل *Pentalitomastistix* المتطفل على دودة البرتقال أبو صرة navel orange worm إذ يخرج أكثر من ألف فرد من مومياء العائل الواحد.

سادساً: القدرة التناسلية Fecundity

بداية لابد من التفريق بين مصطلحين هامين جداً دائماً ما يحدث تداخل فيما بينهما حتى فى المقالات العلمية المنشورة، وكثيراً ما يستخدم أحدهما ليشير للآخر، وهما القدرة التناسلية fecundity والخصوبة fertility. فالقدرة التناسلية تشير إلى الناتج التناسلي reproductive output لأنثى الكائن الحى بمعنى العدد الكلى للبيض المنتج أو الموضوع. أما الخصوبة fertility فتشير إلى عدد النسل الناشيء من العدد الكلى للبيض، وعليه تكون الأعداد عند مصطلح الخصوبة أقل بكثير من نظيرتها عند مصطلح القدرة التناسلية بسبب موت العديد من الأفراد أثناء نمو الأطوار غير الكاملة. ويعتبر مصطلح الخصوبة، من الناحية الديناميكية للعشائر الحشرية، هو المعيار الأكثر أهمية إذ يعتبر مؤشراً دقيقاً على تعداد أفراد الكائن الحى فى الجيل التالى.

هذا ويلزم التنويه أيضاً عن التمييز بين مصطلحين آخرين للقدرة التناسلية، وهما القدرة التناسلية الكامنة (المحتملة) potential fecundity، والقدرة التناسلية الحقيقية realized fecundity. فالقدرة التناسلية الكامنة هي أقصى عدد من البيض يمكن أن تنتجه أنثى واحدة من الطفيل أو المفترس، ويمكن حسابها عن طريق تشريح الإناث حديثة الخروج وفحص مبايضها وعد جميع البيض الموجود بفريعات المبيض. أما القدرة التناسلية الحقيقية فهى العدد الفعلى من البيض الموضوع خلال حياة الطفيل أو المفترس مع وفرة عوائلها أو فرائسها تحت الظروف المعملية. ومما لا شك فيه فإن هذه القدرة تقل عن القدرة التناسلية الكامنة وقد يكون الفارق بينهما كبيراً إذا تم التقدير تحت الظروف الحقلية. وعن طريق كلا المصطلحين ربما يتم معرفة الفاقد الفعلى فى كمية البيض وخصوبة الأنثى والتى قد ترجع إلى ما يأتى:-

* موت الأنثى فى بعض الحالات قبل إكتمال عملية وضع كل البيض الموجود داخل مبايضها.

- عدم توفر العائل المناسب الذى قد يدفع الأنثى إلى الإحتفاظ ببعض البيض مما يحدث خطأ فى حساب القدرة التناسلية الحقيقية.
- تؤثر حالة تغذية الأنثى بلا شك فى حساب الخصوبة الحقيقية لإعتماد عملية التبويض ovigenesis على الحالة الغذائية للإناث.
- تكون أنثى الطفيل فى كثير من الحالات أمام معادلة صعبة عند ندرة العائل فهى توازن بين خيارين كلاهما صعب وهو البقاء (التغذية على العائل المتاح) أو حفظ النوع (وضع البيض فى العائل) وهذه الظاهرة تظهر على أشدها فى الطفيليات المتغذية على العائل خاصة عند الكثافات المنخفضة جداً من العائل.

تتفاوت القدرة التناسلية بين الأنواع الطفيلية، إذ تتأثر بالعديد من العوامل الداخلية intrinsic والخارجية extrinsic (طبيعية أو حيوية). ويتطلب تقويم أى من الأعداء الطبيعية فى مجال المكافحة البيولوجية دراسة تأثير تلك العوامل، مع إحتمال التأثيرات المتداخلة بينها interaction effects، على القدرة التناسلية الكامنة والحقيقية، وعلى الخصوبة أيضاً إن أمكن. يمكن إستخدام هذه البيانات فى تقدير معدل إزدياد تعداد هذا النوع. وتعتبر القدرة التناسلية أيضاً مقياساً لصلاحية وملائمة الأفراد.

عند تقدير تأثير عامل حيوى معين على القدرة التناسلية الكامنة فى حياة الطفيل يجب تحديد إلى أى مدى يمكن أن يفسر التفاوت فى هذه القدرة بالتفاوت فى عمر الأنثى. فعلى سبيل المثال، عندما يؤخذ فى الاعتبار العلاقة الموجبة بين حجم الأنثى والقدرة التناسلية، فإن العمر الأطول للإناث الأكبر حجما مقارنة بتلك الأصغر حجماً يمكن أن يكون السبب الرئيسى فى أن الإناث الأكبر حجما تكون أكثر إنتاجاً، بدلاً من النظر إلى حجم الأنثى ذاته. هذا ويمكن أن تتساوى الإناث فى معدل المتوسط اليومى لعدد البيض بصرف النظر عن حجم أجسامها، لكن تلك الأطول عمراً تضع بيضاً أكثر خلال فترة حياتها.

العوامل المؤثرة فى القدرة التناسلية للأعداء الحيوية

أولاً: العوامل الحيوية Biotic factors

١) *كثافة عائل الطفيل Host density*

مما لاشك فيه، أن كثيراً من إناث الطفيليات تضع متوسطاً يومياً من البيض أعلى فى حالة توفر الكثافات الأعلى من العائل عنه عند الكثافات الأقل. بمعنى أن العلاقة بين كثافة العائل

ومعدل وضع البيض فى الأنثى تكون علاقه موجبة. وكذلك الحال فى المفترسات، فقد وجد أنه عند تغذية أنثى المفترس *Notiophilus biguttatus* (Carabidae) إما على فردين إثنين من فريسته فى اليوم أو على وفرة منه أثناء فترة حياتها، أن الإناث فى الدالة الأولى من التغذية وضعت كمية أقل من البيض عن تلك فى الحالة الثانية من التغذية. يتفاوت شكل هذه المنحنيات مع كثافة العائل، وقد يكون هناك خروجاً فى جدول القدرة التناسلية عن هذه العلاقة مع إناث الطفيليات التى تميل إلى تركيز وضع البيض فى الفترة الأولى من حياتها. أيضاً فى حالات الكثافة العالية للعائل، يكون معدل ملاقاة العائل rate of encounter عالياً جداً مما يسهل على الطفيل مهمته، بينما تحت الكثافات المنخفضة يكون معدل وضع البيض بالضرورة أقل حيث تبذل الأنثى وقتاً أطول وتبحث فى مساحات أكبر للوصول للعائل، مما يستنفد طاقتها التى من المفروض أن تستغلها فى عمليتى التبويض ovigenesis ووضع البيض oviposition، وغالباً ما تكون العلاقة بين كثافة العائل ومعدل وضع البيض تابعة للإستجابة الوظيفية من النوع الثانى (Type II) curvilinear shape أو من النوع الثالث (Type III) sigmoid shape.

من الصعاب التى يمكن أن تنشأ فى حالة الكثافات المنخفضة من العائل قتل البيض ovicide أى إزالة البيض من العوائل المتطفل عليها خاصة فى الطفيليات الخارجية وقليل من الطفيليات الداخلية مثل طفيل *Encarsia formosa* حيث يكون للأنثى القدرة على قتل البيض الموضوع إما بواسطتها self-specific ovicide أو بواسطة أنثى أخرى من نفس النوع conspecific ovicide حتى يتسنى لها وضع البيض فى نفس العائل المتطفل عليه مسبقاً. جدير بالذكر أن مثل هذه الظاهرة موجودة أكثر فى المفترسات الحشرية عنه فى الطفيليات، خاصة فى مفترسات أبو العيدات وكذلك أسود المن Chrysopids. إذ من المعروف عن الإناث المفترسة لأسود المن وأبو العيدات أنها تأكل بيضها فى التربية المعملية. وعندما يكون هذا متوقعاً فإن الإستعانة بكاميرات فيديو يمكن أن يسهم فى تحديد عدد البيض المفقود فى تجارب حساب القدرة التناسلية.

٢) *إستهلاك الغذاء*

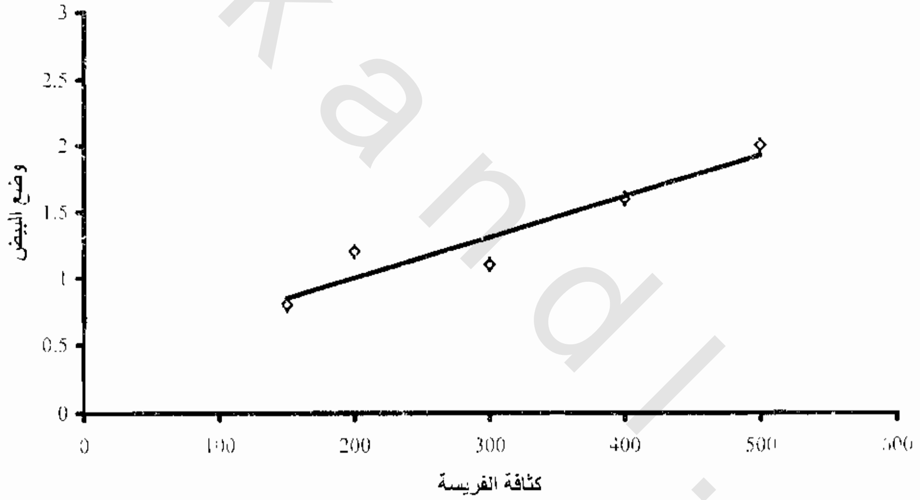
أ- فى حالة الإناث غير المفترسة:

تتغذى كوامل إناث عديد من الطفيليات، وبعض كوامل أنواع المفترسات (مثل أسد المن)، وكوامل كل أنواع ذباب السرفس على مواد نباتية الأصل مثل الندوة العسلية، والرحيق، وحبوب اللقاح، كما تتغذى فى المعامل على بدائل أخرى مثل العسل المخفف. عندما تحرم مثل تلك الإناث من هذه الأغذية أو لا تأخذ كفايتها منها كأن تعطى ماء

فقط، فإنها تضع عدداً من البيض أقل من نظيراتها المتغذية أو قد لا تضع بيضا على الإطلاق، ولبعض هذه الأغذية تأثير أكبر على القدرة التناسلية للأنثى أكثر من البعض الأخر.

ب- فى حالة الإناث المفترسة:

فى حالة الإناث المفترسة لعوائلها، فمن المتوقع أن تتأثر القدرة التناسلية لها تأثيراً قوياً بعوائلها المتاحة. هناك كثير من المفترسات تخضع لعلاقة إيجابية بين كمية الغذاء (الفرائس) المتاحة والمتغذى عليها بواسطة أنثى المفترس وبين عدد البيض الموضوع، كما هو الحال فى أبو العيد ذو الإحدى عشر نقطة *Coccinella undicempunctata aegyptiaca* وكذلك مفترس أبو العيد السيتيسورس *Stethorus gilvifrons* (شكل ٣:٣٦). وعلى العكس من ذلك فقد وجد فى بعض المفترسات الأخرى مثل مفترس أبو العيد السمى أن الإستجابة ليست خطية حيث لم يزد عدد البيض تحت كثافات الفريسة العالية أو المنخفضة، بل كانت فى أعلى معدلاتها عند الكثافات المتوسطة من الفريسة.



شكل (٣:٣٦) معدل وضع البيض بواسطة أبو العيد السيتيسورس *Stethorus gilvifrons* كإستجابة لكثافات مختلفة من الفريسة (الباشا و مندور ، ٢٠٠٥).

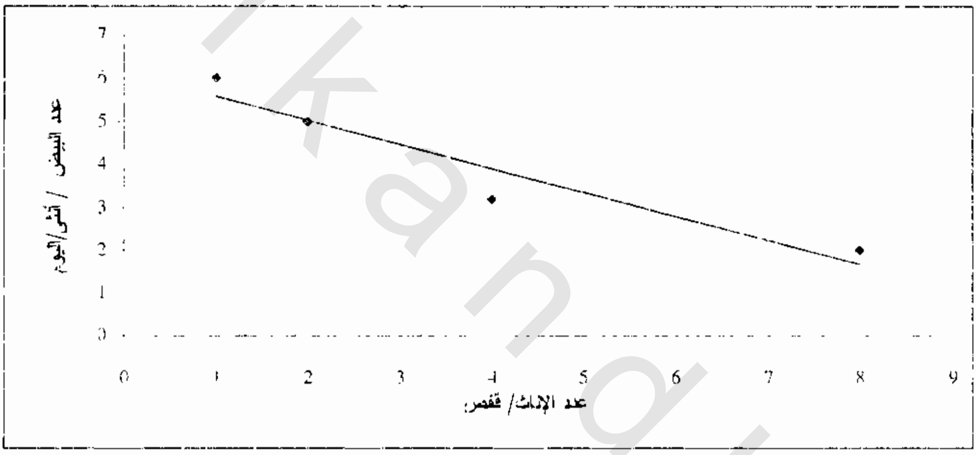
٣) نوعية العائل أو الفريسة *Prey or host quality*

تؤثر نوع الفريسة وكذا درجة إتاحتها availability على القدرة التناسلية للأنثى كما فى أبي العيدات وطفيليات عائلة Aphelinidae المتغذية على عوائلها. لا تستطيع بعض أنواع أبو العيدات أن تضع بيضاً على الإطلاق لو إنحصرت تغذيتها فى نوع واحد من الفرائس. فكوامل أبو العيد *Adalia bipunctata* المتغذية على من الفول *Aphis fabae* أثناء نمو الطور اليرقى وكذا أثناء حياة الحشرة الكاملة تقل قدرتها التناسلية إلى أقل من النصف عن تلك التى تتغذى على من الخوخ الأخضر *Myzus persicae* ، كما يكون بيضها أقل حجماً وحيوية viability. كذلك ثبت من التجارب المعملية أن أبوالعيد ذو الإحدى عشر نقطة تكون قدرته التناسلية منخفضة جداً عند تغذيته على من الدورانتا *Aphis durantae* أو من التفلة مقارنة بمن البقول *Aphis craccivora*، وأن من الخوخ الأخضر *M. persicae* ومن الكرنب *Brevicoryne brassicae* يكون تأثيرهما وسطاً بين كليهما. أيضاً فإن نوع الغذاء أثناء فترة الطور اليرقى له تأثير معنوى على القدرة التناسلية حيث أنها تؤثر على حجم الأنثى وبالتالى حجم المبيض وعدد فروع المبيض والبيض بداخلها. ولو أن Blackman عام ١٩٦٧ ذكر أن القدرة التناسلية تعتمد بشدة على النوع الذى تتغذى عليه الكوامل وأنه لا تأثير للنوع الذى تتغذى عليه اليرقة أثناء نموها. هذا وقد تطول فترة ما قبل وضع البيض فى المفترسات، كما فى أبي العيدات، وفقاً لنوع الفريسة التى تتغذى عليها الكوامل.

٤) التداخل التبادلى *Mutual interference*

تميل بعض الطفيليات والمفترسات فى أن تتوقف عن البحث وأن تترك موقعاً معيناً بعد ملاقاتها بأفراد من نفس نوعها فى هذا الموقع. درس هذا الميول تجريبياً على أساس قياس معدلات الهجرة وعلاقتها بكثافة الطفيل، ووجد أن نسبة إناث الطفيليات التى تترك موقعاً ما لعائلها ذا كثافة ثابتة تزداد معنوياً مع زيادة أعداد الطفيليات. كما لوحظ أيضاً أن إناث الطفيل عندما تتقابل مع فرد من العائل متطفل عليه فعلاً أو به رائحة طفيل سابق من نفس النوع فإنها تتحرك بعيداً عن هذا الموقع الذى حدثت فيه فعلاً هذه الملاقاة. ويطلق على أى من هذه التداخلات السلوكية المختلفة والتى تؤدى إلى إنخفاض فى الكفاءة البحثية للطفيل ظاهرة التداخل التبادلى mutual interferenc . ويعتبر العالمان Hassei & Varley عام ١٩٦٩ أول من لاحظ وجود هذه العلاقة العكسية بين الكفاءة البحثية للطفيل وكثافة الطفيليات الباحثة. هذا ويجب توقع مثل هذه العلاقة، إذ مع زيادة كثافة الطفيل يزداد معه الوقت الضائع فى البحث عن العائل عند

ملاقاة أفراد من نفس النوع. ومن الطبيعي أن يؤدى هذا الإنخفاض فى الكفاءة البحثية إلى إنخفاض فى معدل وضع البيض أو بمعنى آخر فى القدرة التناسلية لها. ولقد لوحظت هذه الظاهرة أيضاً فى بعض المفترسات إذ تنخفض تلك القدرة فى البق المفترس *Anthocoris confuses* مع زيادة كثافة إناثه بالرغم من وجود الفريسة بكثافة عالية فى كل الأوقات مما يستبعد معه أن هذا الإنخفاض فى معدل الإنتاج يمكن أن يعزى إلى الوقت المستنفذ فى ملاقاة الفريسة (شكل ٣٧:٣). قد يتبادر إلى الذهن أن هذا السلوك ربما بسبب تواجد عدد من أفراد المفترس فى حيز محدود، لكن التجارب أثبتت أن هذا السلوك قائم حتى لو وضعت المفترسات فى أقفاص كبيرة تسمح للأفراد بحرية كاملة فى الحركة من نبات لآخر، إذ قد حدث هذا الإنخفاض المعنوى فى القدرة التناسلية مع زيادة كثافة المفترس. هذا ولا يجب أن يعمم هذا السلوك فى كل المفترسات، فعلى سبيل المثال وجد أنه لا يوجد أى ظواهر لحدوثها فى كوامل ثلاث أنواع تابعة لجنس أبو العيد *Chilocorus* حيث لم تتناقص معدلات التغذية ولم يزد معدل الإنتشار مع زيادة كثافة الخنافس فى وحدة المساحة.



شكل (٣٧:٣) العلاقة بين القدرة التناسلية وكثافة المفترس *Anthocoris confusus*.

٥/ حجم الأنثى *Female size*

فى عديد من أنواع الطفيليات والمفترسات، ثبت أن هناك علاقة موجبة بين حجم جسم الأنثى أو وزنها وعدد فروع المبيض كما فى ذبابة السرفيس *Metasyrphus corollae*، والطفيل *Encarsia formasa*. كذلك وجدت هذه العلاقة أيضا مع القدرة التناسلية الكامنة (حمل البيض مقدرة بعد خروج الحشرة الكاملة مباشرة أو بعدها بفترة قصيرة) كما، على سبيل المثال، فى

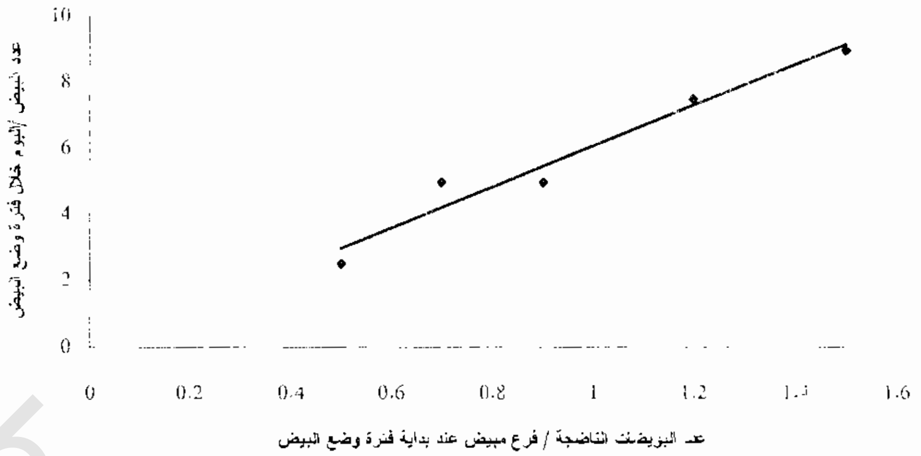
الطفيليات *Aphidius sanchi*، و *Cotesia glomerata* (Braconidae) و *Venturia canescens* (Ichneumonidae) و *Muscidifurax raptor* و *Nasonia vitripennis* (Pteromalidae) و *Aphytis melinus* (Aphelinidae) و *Trichogramma evanescens* (Trichogrammatidae) و *Goniozus legneri* (Bethylidae) والمفترس *Brachinus lateralis* (Carabidae). كذلك وجدت مثل هذه العلاقة الموجبة بين حجم الأنثى والقدرة التناسلية الحقيقية كما، على سبيل المثال، فى حالة مفترس أسد المن *Chrysoperla carne*a، والطفيليات *Notiophilus bigutatus*، *Dighyphus begini*، *Goniozus nephantidis*. ويعتبر كل من حمل البيض وعدد فروع المبيض من المقاييس الهامة والقاطعة فى كثير من الحالات فيما يتعلق بالقدرة التناسلية الكامنة (شكل ٣:٣٨) وليس للقدرة التناسلية الحقيقية التى تتطلب حرصاً شديداً فى إتخاذ بياناتها كمقياس أكيد لها. كذلك فى المفترسات، وجد أن الإناث الأكبر حجماً لها فترة ما قبل وضع بيض أقصر عن تلك الأصغر حجماً وهذا بالتالى يمكن أن يسهم فى قدرة تناسلية حقيقية أعلى. عادة ما يعبر عن حجم الجسم بعرض أو طول بعض أجزاء الجسم مثل الرأس أو الصدر أو الساق الخلفية، وقد يستعمل بعض الباحثين وزن الجسم الجاف. يتأثر وزن أو حجم الجسم بعوامل كثيرة منها:

أ- **تاريخ التغذية أثناء طور اليرقة:** كوفرة الفرائس، وحجم العائل، وأنواع العوائل أثناء نمو الطفيل، ونوعية تغذية العائل، وفرط التطفل.

ب- **درجة الحرارة أثناء النمو اليرقى:** وجد أنه مع إنخفاض درجة الحرارة تطول فترة النمو اليرقى ويزداد وزنها.

لو أن هناك من التجارب التى تجرى لأى غرض تتطلب إناثا من أحجام مختلفة، فإن أسهل السبل لذلك هو أن يتم العزل أثناء طور العذراء وهنا نتفادى أية صعوبات أو تأثيرات ضارة ترتبط بالتعامل مع الحشرات الكاملة.

هناك إستثناءات لإمكانية تعميم العلاقة بين حجم الجسم والقدرة التناسلية كما فى الطفيل *Brachymeria intermedia* (Chalcididae)، والطفيل *Edovum puttlevi* (Eulophidae)، والطفيل *Trichogramma maidis* (Trichogrammatidae). وإذا أخذنا فى الإعتبار أن هذه العلاقة بين حجم الجسم والقدرة التناسلية ليست علاقة خطية non-linear فى الطفيليات، فربما يرجع السبب فى عدم وجود هذه العلاقة فى مثل تلك الطفيليات إلى أخطاء فى قياس بعض أجزاء الجسم.



شكل (٣٨:٣) العلاقة بين عدد البيض الموضوع لليوم وعدد البويضات الناضجة لكل فرع مبيض عند بداية فترة وضع البيض في الطفيل *Encarsia formosa*.

٦) *التزاوج Mating*

في إناث العديد من المفترسات وطفيليات ذات الجناحين غير الملقحة أو المفتقرة إلى الحيوانات المنويةsperm depleted قد تضع عدداً قليلاً من البيض غير المخصب أو لا تضع بيضاً على الإطلاق كما في أبي العيدات. ولكي تصل الأنثى إلى كامل قدرتها التناسلية، قد تحتاج إناث بعض الأنواع إلى التلقيح مرات عديدة. وعلى العكس من ذلك، فلو أن أنثى طفيل من رتبة غشائية الأجنحة إفتقرت إلى الحيوانات المنوية لأي سبب من الأسباب فإنها تكون قادرة على وضع بيض غير مخصب منتجاً للذكور، ولذا فإن قدرتها التناسلية أو خصوبتها لا تتأثر بالتزاوج. وقد ثبت أن الإناث غير الملقحة تضع مجموعات من البيض أصغر بكثير من الإناث الملقحة سواء في الحقل أو المعمل كما في حالة الطفيل *Cotesia glomerata*. هذا وقد وجد تجريبياً أن الإناث غير الملقحة إذا لقحت في خلال فترة التجربة فإنها تبدأ في وضع كتلة بيض كبيرة، مما يوضح أن للحيوان المنوي تأثير مشجع لعملية تكوين البيض.

٧) *مكان تغذية العائل*

قد تختلف القدرة التناسلية باختلاف مكان تغذية العائل، فقد وجد أن متوسط هذه القدرة في النوع *Orgilus jennieae* المتطفل على فراشة درنات البطاطس هو ٣٧٥,٢ فرداً عندما تتطفل على يرقات داخل درنات البطاطس، مقابل ٤٣٦,٨ فرداً عند حدوث التطفل على يرقات تعيش داخل الأنفاق في الأوراق.

٨) تأثير العائل النباتى

قد تشجع أو تثبط بعض النباتات وضع البيض فى الطفيليات، فعلى سبيل المثال، نادراً ما تتطفل طفيليات البيض *Trichogramma* spp. على بيض دودة اللوز الأمريكية *Heliothis armigera* على النبات *Cajanus cajan* ، بينما تكون مستويات التطفل أعلى بكثير إذا تواجد هذا البيض على عوائل نباتية أخرى. بنفس الشيء أيضاً تكون نسبة تطفل بيض الحشرة النصفية الأجنحة *Leptocorsia oratorius* (Alydidae) بالطفيل *Gryon nixoni* (Scelionidae) أعلى بدرجة كبيرة عند تواجده على نبات الأرز عنه اذا كان موضوعاً على عوائل نباتية أخرى لهذه الآفة. تتضمن خصائص نبات *C. cajan* التي تثبط عملية التطفل مركبات طيارة تنبعث من أوراق وبراعم هذا النبات تكون طاردة للطفيليات إضافة إلى تواجد شعيرات Trichomes على أوراق النبات تعيق من السلوك البحثى لهذا الطفيل، وإلى إفرازات نباتية تصطاد كوامل الطفيليات.

يؤثر التلف الناتج للنبات، من جراء التغذية عليه بواسطة الآفات، فى سلوك الطفيليات. فعلى سبيل المثال، فقد سجل إنجذاب الطفيل *Cotesia glomerata* (Braconidae) إلى نباتات الكرنب التالفة بيرقات عائله *Pieris rapae*.

ثانياً العوامل غير الحيوية Physical or Abiotic factors

أ- الحرارة:

تتفاوت القدرة التناسلية للطفيليات والمفترسات وفقاً لدرجات الحرارة. من المعروف أن هناك مدى حرارى أمثل لكل نوع، خارجه قد لا تستطيع الحشرة الإستمرار فى تكوين البيض ووضعه، أو قد لا تكون قادرة على أن تفعل ذلك مطلقاً. وبالرغم من التفاوت الكبير من نوع إلى آخر، فإن الحدود المثلى لوضع البيض غالباً ما تكون أضيق مما تكون عن تلك الخاصة بالتبويض. وجد فى حالة أبو العيد *Adalia bipunctata* أن القدرة التناسلية للأنثى تتزايد حتى ٢٠°م مرتبطة تماماً بزيادة الإستهلاك الإفتراسى، لكن فوق هذه الدرجة تتناقص هذه القدرة بالرغم من إستمرار زيادة الإستهلاك الإفتراسى. ومن جانب آخر، قد تؤثر درجات الحرارة بصورة قاطعة على الكفاءة البحثية لأنثى الطفيل وبالتالى على قدرتها التناسلية كما فى الطفيل *Encarsia formosa*.

ب- شدة وطول فترة الإضاءة Length and intensity of photoperiod

يؤثر كل من شدة الضوء ونوعه وطول الفترة الضوئية على بيولوجيا ونشاط معظم الحشرات. فالكثافة الضوئية العالية تزيد من النشاط العام للطفيليات والمفترسات وبالتالى القدرة

التناسلية لها. فعلى سبيل المثال، يكون مفترس الكريبتوليمس *Cryptolaemus montrozieri* أكثر نشاطا بدرجة ملحوظة تحت ظروف الضوء الساطع عنه في الضوء الخافت. كذلك وجد أن معدل حمل البيض فى إناث طفيل البيض *Ooencyrtus kuvanae* (Encyrtidae) يزداد بسرعة أكبر فى حالة الإناث المرباة تحت ظروف النهار الطويل مقارنة بتلك المرباة تحت ظروف النهار القصير، وهذا يؤدى إلى إختلاف فى النسل الناتج. يمكن أن تؤثر أيضا طول الفترة الضوئية على النمو اليرقي ومعدلات النمو فى يرقات المفترسات والتى بالتالى تؤثر على القدرة التناسلية ومعدلات التبويض لإناثها. كذلك قد تؤثر طول الفترة الضوئية على دخول بعض المفترسات فى طور سكون مؤقت، خاصة عندما يحدث ذلك خلال طور الحشرة الكاملة مما يؤثر على معدل وضع البيض.

جـ- الرطوبة Humidity

تعتبر الرطوبة الجوية من العوامل الطبيعية الهامة المؤثرة على معدل التبويض وخصوبة الأعداء الحيوية على الرغم من أنها لم تلق الإهتمام الكافى مقارنة بالحرارة. فى بعض المفترسات، يمكن أن تؤدي الرطوبة المنخفضة إلى زيادة معدل إستهلاك الفرائس وبالتالى زيادة القدرة التناسلية.

سابعاً: النسبة الجنسية Sex Ratio

تعتبر النسبة الجنسية من أهم الخصائص البيولوجية للأعداء الطبيعية، والتى غالباً ما يهتم بها المشتغلون بعلم المكافحة البيولوجية عند تقييم كفاءة العدو الحيوى. هناك نوعان من النسبة الجنسية هما:-

١- النسبة الجنسية الأولية (أو الإبتدائية) primary sex ratio وهى النسبة الجنسية للنسل أثناء الإخصاب أو بمعنى أشمل أثناء وضع البيض.

٢- النسبة الجنسية الثانوية secondary sex ratio وهى النسبة الجنسية فى المراحل المتقدمة من النمو عند الفقس، التعذير، خروج الحشرات، التزاوج و النضج الجنسي لكوامل الحشرات.

طرق التعبير عن النسبة الجنسية Ways of expressing sex ratio

هناك عدة طرق للتعبير عن النسبة الجنسية وهى:-

١- نسبة الذكور : نسبة الإناث
٢- نسبة الإناث : نسبة الذكور
٣- عدد الذكور لكل ١٠٠ أنثى
٤- عدد الذكور : عدد الإناث
٥- عدد الذكور / عدد الإناث

مثال: لنفترض أن عدد الذكور فى الجيل الحالى الناتج من أنثى معينة من طفيل ما هى ٢٥ ذكر و٧٥ أنثى. على ذلك يمكن التعبير عن النسبة الجنسية كما يلى:

١- ٢٥% ذكور أو ٢- ٧٥ % إناث أو

٣- ١:٣ أنثى : ذكر أو ٤- ٣/١ عدد الذكور : عدد الإناث

٥- ٣٣,٣ ذكر لكل ١٠٠ أنثى

إلا أن أكثر الطرق شيوعاً وتعارفاً فى مجال الحشرات هى نسبة الذكور ونسبة الإناث.

لماذا كانت النسبة الجنسية ١:١ هى الأكثر شيوعاً بين المجموعات الحشرية؟

كان العالم فيشر Fisher عام ١٩٣٠ هو أول من تعرض لشرح هذه الظاهرة كنتيجة للمساهمة المتساوية للجنس مع جينات الجيل التالى. بمعنى أنه اذا كان أى من الجنسين أقل فى تعداده، فيجب أن يساهم هذا الجنس بدرجة أكبر (كمجموعة) فى الجيل التالى. لذلك فإن معطيات الجنس الأقل تصبح أفضل تمثيلاً فى الأجيال التالية، بمعنى أن الجينات التى تشجع Promote أو تسمح بإنتاج الجنس الأقل عدداً لابد أن تكون أكثر تسيداً حتى يتساوى هذا الجنس الأقل عدداً مع جنسه الأخر. ويعتبر هذا نموذجاً لما يعرف بإنتخاب الإرتباط التكرارى frequently-dependent selection. أي الإنتخاب الذى يصبح فيه الأليل الأندر rarer أكثر تزايداً فى الإنتاج لأفراد هذا الأليل.

المنافسة المحلية للتزاوج Local mate competition

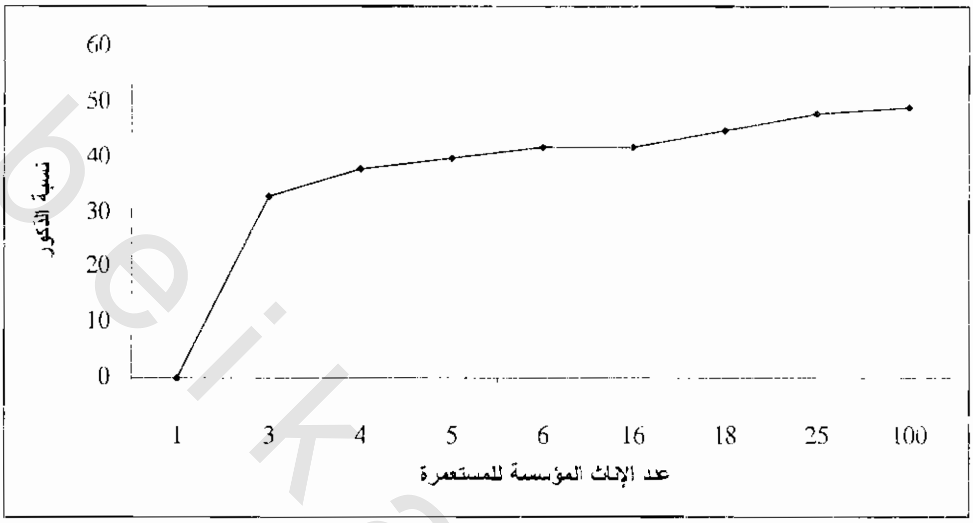
هناك إفتراض بوجود منافسة قوية من أجل التزاوج. فقد لاحظ هاملتون Hamilton عام ١٩٦٧ أنه فى عديد من الحشرات والأكاروسات أن أنثى واحدة أو عدد قليل من الإناث المؤسسة للمستعمرة foundress females تتمركز colonize فى مواقع محلية local من بيئتها، وأن النسل الناتج يتزاوج فى هذا الموقع قبل أن ترحل الإناث لتتمركز فى مواقع جديدة من البيئة. وهنا يحدث نوع من المنافسة المحلية للتزاوج بين أفراد المستعمرة الواحدة أو المستعمرات القريبة. فلو كان هناك أنثى واحدة مؤسسة لمستعمرة ما، فإن الذكور الناتجة فى الجيل التالى تكون كافية لإخصاب كل الإناث. لكن لو كان هناك أكثر من أنثى مؤسسة ومستعمرات متكافئة (شكل ٣٩:٣)، فقد لاحظ هامليتون أن الذكور الناتجة تدخل فى منافسة محلية أشبه ما يكون بالمباراة gamelike وبالتالى أمكن حساب النسبة الجنسية المطلوبة فى هذه الحالة بالمعادلة الآتية:

نسبة الذكور = ن - ١ / ٢ن

حيث أن ن= عدد الإناث المؤسسة للمستعمرات

فمثلاً عندما تكون ن = ٢ فان نسبة الذكور المطلوبة = ٢-١/٢×٢=١/٤= ٢٥% ذكور

عندما تكون ن = ٣ فإن نسبة الذكور= ٣-١/٢×٣=٢/٦= ١/٣= ٣٣,٣٣% ذكور.



شكل (٣٩:٣) يوضح شكل العلاقة بين عدد الإناث المؤسسة للمستعمرة ونسبة الذكور فى النسل الناتج.

وعندما تزداد عدد الإناث بدرجة كبيرة، فإن نسبة الذكور لابد أن تقترب من ٥٠% (شكل ٣:٣٩).

العوامل المؤثرة فى النسبة الجنسية Factors affecting sex ratio

١ - حجم العائل وجودته Host size and its quality

من المعروف أن يرقات الطفيليات الحشرية تنمو بالتغذية على أجسام عوائلها سواء كان ذلك داخلياً أو خارجياً. أيضاً من المسلم به فى معظم الطفيليات المسجلة حتى الآن، أن الطفيل يكمل دورته فى أو على فرد واحد من العائل، ولذا فإن حجم الطفيل الناتج يعتمد على حجم عائله الذى نمى عليه أو بداخله، يعتقد أن الإناث تستفيد بدرجة أكبر من الأحجام الكبيرة للعائل أكثر من الذكور، وعلى ذلك فإنه من الأفضل لأنثى الطفيل أن تضع البيض المنتج للأناث فى العوائل الكبيرة الحجم والبيض المنتج للذكور فى الأفراد صغيرة الحجم. ومن أمثلة ذلك ما وجد فى

الطفيل *Dolichomitus* sp. الذى يتطفل على العائل *Niphades variegates*، هذا وقد لوحظ هذا الإتجاه أيضاً فى عديد من الأنواع الحشرية الطفيلية، الأمر الذى يوضح إلى أى مدى يمكن لأنثى الطفيل أن تتحكم فى النسبة الجنسية لذريتها وفقاً لحجم العائل.

أيضاً من المتعارف عليه أن دور حجم العائل فى ضبط النسبة الجنسية للطفيليات الحشرية يختلف من طفيل لأخر. ففى بعض الطفيليات مثل تلك التى فيها تقتل الأنثى عائلها أو تشله شللاً دائماً عند وضع البيض idiobionts، فإن حجم العائل سوف يكون دليلاً هاماً على نوع النسل الناتج من الطفيل، بينما فى طفيليات أخرى مثل إناث تلك الطفيليات التى لا تقتل عوائلها بل تسمح له بالنمو koinobionts، فإن العائل ينمو ويكبر فى الحجم وبالتالى لا يعتبر حجم العائل هنا دليلاً يعتمد عليه فى التوقع بنوع النسل الناتج. على ذلك، فإن الطفيليات التى تقتل عوائلها عند وضع البيض فيه أو عليه يكون لديها القدرة على ضبط النسبة الجنسية أو ما يعرف بالنسبة الجنسية الإختيارية facultative sex ratio، مقارنة بالطفيليات التى لا تقل عوائلها.

أما عن جودة العائل، وهى مرتبطة بلا شك بحجم العائل، فقد وجد أن إناث الطفيليات تفضل وضع البيض المخصب فى العائل ذى الجودة العالية أو الحجم الكبير لإحتوائه على مواد غذائية أكثر وهنا يكون معدل الإستفادة للأنثى incremental gain أعلى عما لو وضع بيض غير مخصب. وربما يرجع هذا ببساطة إلى أن الحجم الكبير للعائل مرتبط بحجم أكبر لأنثى الطفيل النامية داخل العائل، كما أن حجم الأنثى ولياقتها هو أيضاً مرتبط بالتالى بحجم المبايض وعدد فريعات المبيض وكمية البيض المتاح وكذلك القدرة على التزاوج، بخلاف الذكر الذى تنحصر لياقته فى القدرة على التزاوج فقط. أما فى حالة عدم توفر العوائل كبيرة الحجم ذات الجودة العالية، فإن الأنثى تكون مضطرة لوضع البيض المخصب داخل عوائل صغيرة ذات جودة أقل لإنتاج الإناث. هناك أيضاً ملحوظة هامة وهو أنه فى حالة ما اذا كان هناك وفرة عددية فى العوائل كبيرة الحجم مع نفاذ الحيوانات المنوية داخل القابلة المنوية، فإن إناث الطفيليات تفضل هنا وضع البيض الغير مخصب والمنتج للذكور فى تلك العوائل.

لا يقتصر هذا الاتجاة السلوكى على الطفيليات الأولية فقط بل يتواجد أيضاً فى الطفيليات الثانوية، ففى كثير منها مثل الطفيل الثانوى *Dendrocerus carpentri* (Pteromalidae) الذى يتطفل على الطفيل الأولى *Aphidius ervi* المتطفل على المن *Acyrthosiphon pisum* لوحظ فيه، من خلال التجارب المعملية، أن البيضة الأولى للطفيل الثانوى توضع مخصبة اذا كان العائل ذا جودة عالية (مومياء كبيرة الحجم) وغير مخصبة إذا كان العائل ذا جودة منخفضة (مومياء صغيرة

الحجم). أما البيضة الثانية فتكون عادة عكسية للأولى. أما البيضات التى توضع بعد ذلك فتتفاوت بارتباطها بحجم العائل مع المحافظة على وضع البيض المخصب فى العوائل ذات الجودة العالية جداً. وربما يوضح هذا المظهر الثنائى فى حجم الجنس sexual size dimorphism فتكون الذكور بصفة عامة أصغر حجماً من إناث نفس النوع، ولذا فمن الصالح لإناث الطفيل أن توزع معظم نسلها الأنثوى على العوائل كبيرة الحجم ذات الجودة العالية جداً التى تهيىء مصادر أكبر للتغذية اللازمة للنمو. هذا وقد أيدت الملاحظات الحقلية تلك التجارب المعملية، فقد تبين بالحصر الحقلى أن نسبة الإناث كانت ٥٠% من مومياوات المن الصغيرة الحجم مقابل ٧٥ % فى تلك الكبيرة الحجم. هذا وقد سجلت حالات أخرى مشابهة فى عديد من طفيليات غشائية الأجنحة.

٢- المستويات الحرارية Temperature levels

تلعب درجة الحرارة والبرودة دوراً هاماً فى التأثير على النسبة الجنسية للحشرات. فعلى سبيل المثال، تمت دراسة الحدود الحرارية القصوى والدنيا الثابتة منها والمتغيرة على النسبة الجنسية فى نسل الجيل الأول لنوعين شديدى القرابة من الطفيليات وهما الطفيل *Aphytis melinus* & *A. lingnanensis*. أظهر كلا النوعين انخفاض معنوى فى النسبة المتوقعة لإناث الجيل الأول عند تعرض الأباء إلى درجة حرارة ٣٢ °م أثناء النمو ويزداد هذا الإنخفاض عندما يحدث التزاوج أو وضع البيض أو كليهما على هذه الدرجة. الأكثر من هذا فإن تعرض إناث كلا النوعين لدرجات الحرارة القصوى أو الدنيا أثناء فترة ما قبل وضع البيض يقلل من نسبة الإناث المتوقعة. وبصفة عامة فإن النسبة الجنسية فى النوع *A. melinus* كانت أقل تأثرا بهذه المعاملات عن تلك فى النوع الآخر. هذا وقد سجل تأثير مثل هذه الدرجات القصوى والدنيا على النسبة الجنسية فى أنواع أخرى من الطفيليات. ربما تلقى هذه النقطة الضوء على التحمل الحرارى لنوع من الطفيليات مما يفيد فى عمليتى إستيراد وأقلمة الأعداء الطبيعية. ولعل السؤال الهام الآن هو الكيفية التى تؤثر بها درجات الحرارة العالية على النسبة الجنسية وخصوصاً النسبة الجنسية الإبتدائية. وقد أقترح أن الحدود الحرارية القصوى والدنيا تقلل من حيوية وحركة الحيوان المنوى، كما يمكنها أيضاً أن تؤثر سلبياً على السلوك التزاوجى والإخصاب.

٣- نوع العائل النباتي Type of host plant

تتأثر النسبة الجنسية للطفيل باختلاف العائل النباتى المتغذى عليه عائله الحشرى. فقد وجد أن الطفيل *Habrolepis rouxi* ينتج ذرية أغلبها من الذكور فى حالة تطفله على الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii* على نباتات القرع، وتقل نسبة الذكور عندما ينمو الطفيل على نفس

العائل الحشرى على أشجار الليمون. قد تختلف النسبة الجنسية أيضاً تبعاً لاختلاف مكان وجود العائل الحشرى داخل العائل النباتى، حيث بلغت النسبة الجنسية فى النوع *Orgilus jennieae* المتطفل على فراشة درنات البطاطس إلى ٢٣,٦% إناث فقط عند التطفل على عوائل داخل الدرنات، بينما كانت ٢٨,٤% إناث عند التطفل على يرقات تعيش داخل الأوراق أو فى المجموع الخضرى.

٤ – تكرار التزاوج **Surplus mating**

تؤثرعملية التزاوج بشكل ملحوظ على النسبة الجنسية، كما أن تكرار عملية التزاوج فى بعض الأحيان قد يكون لها تأثيراً نافعاً فى حالة إناث الطفيليات التى تمتلك إناثها أكثر من قابلة منوية (كما فى إناث عائلة Tachinidae)، وعلى العكس من ذلك، قد يكون هناك تأثير سلبى لتكرار التزاوج على النسبة الجنسية كما فى حالة الطفيل *Macrocentrus ancylivorus* المتطفل على فراشة درنات البطاطس. يفرز ذكر هذا الطفيل حيواناته المنوية داخل حامل منوى spermatophore منه تنتقل هذه الحيوانات المنوية إلى الأنثى، وعلى ذلك يجب على الذكر أن يحكم من وضع هذا الحامل المنوى داخل مهبل الأنثى حتى تستطيع الحيوانات المنوية أن تهاجر منه بسهولة إلى قابلتها المنويه spermatheca. قد يَحُول التزاوج المتكرر من وضع الحامل المنوى فى الموضع الصحيح وبالتالى لا تنجح الحيوانات المنوية من الإنتقال منه إلى القابلة المنوية، ومن ثم تتكاثر هذه الإناث بكرياً منتجة للذكور رغم إتمام عملية التزاوج.

٥ – توفر الطور المفضل من العائل **Availability of preferred host stage**

تتأثر النسبة الجنسية بدرجة تواجد وتوفر الطور المفضل من العائل للتطفل عليه، إذ عند تواجد هذا الطور تتنبه غدة القابلة المنوية ويزداد إفرازها ويزداد تبعاً لذلك كمية ما تفرزه هذه القابلة المنوية من الحيوانات المنوية وبالتالى تزداد النسبة الجنسية المتوقعة للإناث فى النسل الناتج. وبناء على ذلك يكون إنتاج الذكور مضموناً فى الطفيليات الإنفرادية عند وضعها البيض فى عوائل غير مفضلة، وفى الطفيليات الجماعية أثناء وضعها لعدد كبير من البيض فى فرد واحد من العائل.

٦ – عمر الأنثى **Female age**

قد يكون لعمر الأنثى تأثيراً على النسبة الجنسية فى النسل الناتج. فقد وجد فى حالة الطفيل الثانوى *Asaphes vulgaris* (وهو طفيل على الطفيل الأولى *Lysiphlebus cardui* المتطفل على من

الفول *Aphis fabae*) أن نسبة الذكور في النسل الناتج تزيد مع تقدم الإناث فى العمر. كذلك ففي الطفيل *Copidosoma desantisi* المتطفل على فراشة درنات البطاطس تميل النسبة فى آخر عمر الأنثى لصالح الذكور وذلك لنضوب القابلة المنوية من الحيوانات المنوية. أيضاً فإن ملكات نحل العسل المتقدمة فى العمر تعطى حضنة من الذكور للسبب ذاته.

٧- كثافة الطفيل Wasp density

طبقاً لقاعدة هاميلتون عام ١٩٦٧، فإن الطفيليات تنتج نسبة عالية من الذكور مقارنة بنسبة الإناث وذلك عند الكثافة العالية من الطفيل في مكان محدد Patch وربما يكون ذلك منطقي ومتوقع في الطفيليات التي تقتل عوائلها قبل وضع البيض لقدرتها على تحديد حجم العائل. وربما يفسر ذلك العامل لماذا تكون دائماً النسبة الجنسية لصالح الذكور في التربية المعملية المكثفة ووجود عدد كبير من الإناث في أقفاص التربية.

٨- حجم كتلة بيض العائل Size of host egg mass

درس تسلسل وضع الذكور والإناث في النسل الناتج للطفيل السيكليوندي *Gryon pennsylvanicum(=atriscapus)* (Sceleonidae) في كتل البيض للعائل، إذ ترك البيض للنمو وبالتالي قدر نوع الجنس الناتج ووجد أن في كل كتلة من كتل بيض العائل تضع الأنثى ذكراً واحداً فقط (غالباً في بداية وضع البيض) ثم يليها وضع بيض منتج للإناث. وفي حالة كتل البيض الكبيرة يكون هناك ذكر آخر عند نهاية كتلة البيض وتعمل نظرية الذكر أولاً هذه male first على ضبط النسبة الجنسية منتجة عدداً كبيراً من الإناث.

٩- التنافس بين الطفيليات State of competition among parasitoids

تتأثر النسبة الجنسية فى كثير من الطفيليات بدرجة المنافسة بين الطفيليات المتواجدة فى مكان معين والمرتبطة بنفس العائل، حيث لدى كثير من الطفيليات القدرة الاختيارية على إنتاج إناث على حساب الذكور فى حالة إشتداد المنافسة.

١٠- نوع التكاثر Type of reproduction

تختلف النسبة الجنسية فى الطفيليات الحشرية بالتأكيد طبقاً لنوع التكاثر السائد فى النوع. يكون لطفيليات غشائية الأجنحة القدرة على التكاثر عذرياً دون إخصاب، وبالتالى يؤثر ذلك على النسبة الجنسية ومن طرق التكاثر العذرى:-

أ- التكاثر العذرى (البكرى) المنتج للذكور Arrhenotoky

هذا النوع هو الأكثر شيوعاً فى معظم طفيليات غشائية الأجنحة. وفى هذه الحالة تتكاثر الإناث تكاثراً عذرياً إختيارياً بمعنى أن هذه الإناث تستطيع أن تتكاثر جنسياً أو عذرياً حيث يعتمد ذلك على الظروف التى تسمح أو لا تسمح بإخصاب البيضة. وتحت هذه الظروف تصبح البيضة المخصبة ثنائية الكروموسومات diploid وتعطى فرداً أنثوياً ثنائى الأبوين bi-parental، أما البيضة الغير مخصبة فتكون أحادية الكروموسومات haploid وتنمو إلى فرد ذكر أحادى الأبوين uni-parental. تتحكم الإناث فى جنس نسلها أثناء وضع البيض عن طريق إنسياب الحيوانات المنوية من قابلتها المنوية. غالباً ما يطلق على القاعدة التى تطبق على هذه الأنواع قانون دزيارزون Dzierzon's law نسبة إلى القس Dzierzon الذى كان مهتماً بالنحالة وأعلن فى عام ١٨٤٥م أن ذكور النحل تنتج من بيض غير مخصب، بينما الشغالات الأنثى والملكات تأتى من بيض مخصب. وفى الحالات العادية للأنواع التى تتكاثر بهذا الأسلوب يمكن تحديد النسبة الجنسية الإبتدائية بالتقنية السيتولوجية للبيض حديث الوضع. يوضع البيض فى نقطة من محلول لاكتوسيتات الأورسين ٢% lacto acetic orcein وهو صابغ للكروموسومات ثم يغطى البيض بغطاء شريحة cover حيث يهرس squashed جيداً ليشكل البيض طبقة واحدة ثم يقفل الغطاء بلفه بطلاء الأظافر وتترك فى الصبغة لمدة ٢٤ ساعة تحت درجة حرارة الغرفة ثم تفحص بعد ذلك لمعرفة عدد مجموعات الكروموسومات التى فى طور الإنقسام الخلوى الغير مباشر metaphase. يظهر الإختلاف واضحاً بين البيضة المؤنثة المزدوجة الكروموسومات وتلك المذكرة أحادية الكروموسومات. يتفاوت الوقت الأمثل لهرس البيض بين الأنواع المختلفة من الطفيليات. فعلى سبيل المثال وجد أنه يتراوح بين ١٨-٢٤ ساعة بعد وضع البيض فى النوع *Epidinocarsis lopezi* ولذلك يستلزم إجراء تجارب مبدأية فى أوقات متفاوتة بعد وضع البيض لمعرفة الوقت المناسب لهذه العملية.

هناك عديد من طفيليات غشائية الأجنحة تنتج ذكوراً ثنائية عدد الكروموسومات diploid males مثلما تنتج ذكور أحادية عدد الكروموسومات haploid males. ترتبط هذه الظاهرة بصفة خاصة بطفيليات عائلتى Braconidae & Ichneumonidae حيث تنتج طفيلياتها ذكوراً ثنائية عدد الكروموسومات نتيجة لما يعرف بميكانيكية تحديد الجنس الأحادى الموقع single-locus sex determination mechanism، فالأفراد أحادية الكروموسومات الناتجة من بيض غير مخصب لها أليل واحد فقط one allele فى الموقع الجنسي sex locus وتكّون ذكوراً. أما الأفراد ثنائية الكروموسومات الناتجة من بيض غير مخصب يكون لها أليلان على الموقع الجنسي يكونا إما

متماثلين homozygous مثل AA أو BB وهذه تكون ذكوراً أو مختلفين heterogenous مثل AB أو AC وهذه تكون إناثاً. وعادة ما تكون الذكور ثنائية الكروموسومات أكبر حجماً من الأحادية منها، كما تكون الأشواك المنتشرة على الجسم أكثر كثافة بسبب كبر حجم الخلايا التى تمتلكها. فعلى سبيل المثال تكون الخلايا الجسمية somatic cells فى ذكور الطفيل *Bracon* أحادية الكروموسومات فى نفس الحجم تقريباً مع تلك فى إناثها ثنائية الكروموسومات. أما الذكور ثنائية الكروموسومات فتكون خلاياها أكبر حجماً بدرجة ملحوظة.

ب- التكاثر البكرى المنتج للإناث فقط Thelytoky أو إناث مع قليل من الذكور Deuterotoky

هناك القليل من الأنواع الطفيلية التى تتكاثر بطرق عذرية مختلفة مثل التكاثر العذرى المنتج للإناث فقط Thelytoky أو مع قليل من الذكور Deuterotoky (يسمى أيضاً Amphitoky). فى الحالة الأولى لا توجد ذكور إذ يعطى البيض الغير مخصب إناثاً ثنائية الكروموسومات ويكون التكاثر العذرى هنا إجبارياً بواسطة إناث غير مخصبة تخلف جيلاً كل أفراده إناثاً ومن ثم تصبح الذرية أحادية الأبويين Uniparental أو قد يطلق عليها Impaternate. غالباً ما تكون هذه الظاهرة شائعة فى طفيليات فوق عائلة Chalcidoidea وفوق عائلة Ichneumonoidea. أما فى الحالة الثانية من التكاثر العذرى وهى Deuterotoky، فيمكن أن ينتج نسلاً من الذكور. وعلى كل فإن الفصل بين كلا النوعين من التكاثر العذرى مبهم ويكتنفه الكثير من الغموض، إذ أن بعض الأنواع التى كان ينظر إليها أنها منتجة للإناث فقط وجد أنها يمكن أن تنتج قليلاً من الذكور. وقد اتفق على أنه اذا كانت نسبة الذكور فى مثل هذه الحالات أقل من ٥% من النسل فان النوع يقع تحت المجموعة التى تتكاثر عذرياً منتجة للإناث فقط. وقد كان يعتقد أن هذه الذكور ليست لها القدرة على التلقيح، إلا أنه وجد فى حالات كثيرة أن لها القدرة على التلقيح بل والقدرة أيضاً على نقل وتمرير جيناتها الوراثية الى النسل الذى ينتج إناثاً فقط Thelytoky.

يعتبر التهجين بين الأنواع interspecific hybridization أحد أسباب التكاثر العذرى المنتج للاناث فقط، على سبيل المثال عند تزاوج أنثى الطفيل من النوع *Trichogramma perkensii* مع ذكر الطفيل من النوع *T. californicum* كان النسل الناتج هو أنثى واحدة منتجة للإناث وسبع إناث منتجه للذكور وعشرة ذكور. وهناك سبب آخر وهو وجود بكتريا من جنس *Wolbachia* غالباً ما تصاحب التكاثر البكرى *Wolbachia* parthenogenesis-inducing والتى غالباً ما تتدخل فى جنس النسل الناتج من البيض. حيث ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن بعض الأنواع التى كان يعتقد أنها من النوع Deuterotoky هى فى الأصل من النوع Thelytoky ولكنها محتوية على هذه البكتريا

مما يسبب عدم إستقرار فى تعريف هذه المجاميع، حيث تنمو البيضة غير المخصبة وغير المحتوية على هذه البكتريا الى ذكور بينما تنمو تلك الغير مخصبة والمحتوية على البكتريا إلى إناث. على الرغم من ذلك فقد تم تسجيل حالة واحدة من الطفيليات التى تمتلك ظاهرة الـ Deuterotoky وهو الطفيل *Pteroptrix orientalis* حيث تضع بيضة الذكر والأنثى داخل جسم حشرة الخوخ القشرية البيضاء ويتأخر نمو الذكر لينمو كطفيل ثانوى. وفى هذا الطفيل تنتج كل من الإناث الملقحة وغير الملقحة نفس العدد من الذكور الا أن النسبة الجنسية فى الأنثى الملقحة تكون فى صالح الإناث لأنها تنتج عدداً أكبر من الأفراد.

من المهم ان نذكر أن هناك دليل علمى قوى على أن هناك ميكروبات تقوم بالتدخل فى النسبة الجنسية، حيث وجد من الممكن إنتاج ذكور فى بعض الطفيليات المتكاثرة عذرياً منتجة للاناث فقط عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية أو التغذية على غذاء يحتوى على مضادات حيوية تقتل البكتريا المسئولة عن قتل الذكور.

ومن المهم أن نذكر أيضاً أنه خلال السنوات الأخيرة وجد العديد من السلالات الجغرافية لبعض الطفيليات الحشرية المعروفة بأن نوع التكاثر العذرى فيها من النوع المنتج للذكور Arrhenotoky يوجد لها سلالات تتكاثر بكرياً منتجة للإناث فقط ومنها الطفيل *Eretmocerus mundus* المتطفل على الذبابة البيضاء، وكذلك الطفيل *Epidinocarsis diversicornis* المتطفل على بق الكسافا الدقيقى *Phenococcus manihoti*.

الأنماط الشاذة (المنحرفة) للنسبة الجنسية Distorted sex ratio

بالإضافة إلى التكاثر العذرى المنتج للذكور أو المنتج للإناث او المنتج للاناث وقليل من الذكور، هناك مجموعة من الإنحرافات فى النسبة الجنسية للطفيليات الحشرية منها:-

١- العنصر الأبوى الأنانى (Paternal sex ratio (psr) element (selefish element

كان يطلق عليه فى البحوث الأولى عديم الأخوات (daughterless (dl. منشأ هذا العنصر الأبوى الأنانى كروموسومى، ولكنه جزء أنانى selfish من الحمض النووى DNA. وجد فى ذكور الطفيل *Nasonia vitripennis* (النوع الوحيد الذى سجل فيه هذه الظاهرة حتى الآن) الذى يحمل هذا الجزء الأنانى أنه عند تزاوجه مع الإناث ينتج نسلاً كله من الذكور فقط حتى ولو حدث إخصاب بحيواناته المنوية للبيضة. وتحمل كل بيضة مخصبة مجموعة الكروموسومات الأحادية من الأم مع هذا العنصر الأنانى من الحيوان المنوى وتنمو إلى ذكر حاملاً لهذا العنصر بمعنى أن البيض المخصب يعطى ذكوراً ويمكن أن يورث هذا العامل (Psr) من الذكر من جيل لآخر.

٢ - العامل الأمومى **Maternal sex ratio (msr) factor**

سجلت هذه الظاهرة أيضاً فى الطفيل *Nasonia vitripennis* وتبدو هذه الظاهرة متسببة عن عنصر كروموسومى زائد extrachromosomal element، فالإناث البكر (العذراء) virgin females التى تحمل هذا العامل (msr) تنتج نسلاً من الذكور فقط، وبعد تزاوجها يكون نسلها، كله من الإناث. وجد أن الإناث المصابة تنتج نسلاً ذو نسبة جنسية متحيزة للإناث بدرجة كبيرة. وتخصب الإناث المحتوية على هذا العامل الأمومى كل بيضها تقريباً، وبذا فمن المقترح أن هذا العامل يؤثر على سلوك التوزيع الجنسى sex allocation لهذا الطفيل بالرغم من عدم الوقوف على ميكانيكية هذا العامل تماماً. أيضاً لم يعرف بعد طبيعة هذا العامل. أكتشف هذا العامل فى عديد من تعدادات هذا الطفيل ووصلت معدلات تكراره إلى ١٧%.

٣ - قاتل الإبن **Son killer (sk)**

وجدت هذه الظاهرة أيضاً فى الطفيل *N. vitripennis* ويتسبب فى هذه الظاهرة نوع من البكتريا وصفت حديثاً فى جنس جديد هو *Arsenophonus nasoniae* (Enterobacteriaceae). تنتج إناث هذا الطفيل الحاملة لهذه البكتريا ذرية متحيزة للإناث. إذ يموت الغالبية من ذكورها أثناء الطور اليرقى ومن المحتمل أن يحدث النقل البكتيرى من خلال تغذية اليرقة على دم العائل المنطفل عليه، إذ تحقن الأنثى المصابة بتلك البكتريا فى عذراء العائل أثناء وضع البيض. ولذلك فإن هذه الظاهرة تؤثر على النسبة الجنسية الثانوية.

وجد أنه إذا تم التطفل على عذراء العائل تزايدياً بواسطة أنثى طفيل غير مصابة، فإن نسلها يصاب أيضا، ولذلك فإنه يحدث نقل أفقى horizontal ورأسى vertical transmission لهذا العامل. يصل كفاءة كلا الأسلوبين من النقل إلى حوالى ٩٥%. سجلت هذه البكتريا من عدد من تعدادات الطفيل *N. vitripennis*، لكن بمعدلات منخفضة (٢-٤%). ليس من الواضح تماماً لماذا تموت الذكور فقط بسبب هذا العنصر، أو ما هى الميزة الناتجة، إن وجدت، من إهلاك الذكور بواسطة هذه البكتريا. إن موت الذكور لا يزيد مباشرة من نقل هذا العنصر بسبب أن الموت يحدث بعد وضع البيض ولا تستطيع الإناث الام للطفيل أن تعوض هذا الفاقد من بعض ذريتها بإنتاج بيض أكثر. لكن قد يكون هناك ميزة غير مباشرة حيث تتنافس اليرقات الذكور مع مثيلاتها الإناث على موارد الغذاء المحدودة داخل العائل، ويؤدى موتها إلى نمو إناث مصابة أكبر حجماً وأكثر لياقة. لكن مقابل هذه الميزة تقف خطورة فشل الإناث المصابة فى التزاوج (جودفراى Godfray، ١٩٩٤). هناك فى المراجع ملاحظة عجيبة لها نفس التفسير تتعلق بالطفيل

Caraphractus cientus (Myrmaridae) الذى يتطفل على بيض الخنافس المائية، حيث وضعت الإناث البكر بيضها بطريقة عادية وكان نسلها يتكون فقط من الذكور، غير أن الإناث البكر من سلالة واحدة منحدرة من أنثى برية واحدة تحمل هذا العامل وضعت بيضاً كالمعتاد لكن مات معظم بيضها. وعند تزاوج هذه السلالة مع ذكر من سلالة عادية أخرى أمكنها إنتاج نسل سليم كله تقريباً من الإناث. هناك تفسير واحد لهذه النتائج وهى أن أنثى الطفيل تحمل عاملاً مميتاً للذكور يسب موت معظم ذكورها من النسل.

٤ - Non- Reciprocal cross incompatibility (NRCI)

يتسبب فى هذه الظاهرة إنتقال بكتيريا شبيهة بالريكتسيا Rickettsia-like bacterium بين السلالات فى تزاوجات غير تبادلية (**Non- reciprocal**). حيث تكون البيضة الخالية من هذه البكتيريا قابلة للإخصاب فقط وبنجاح من حيوان منوى من ذكر غير مصاب بهذه البكتيريا، بينما البيضة الحاملة للبكتيريا، فيمكن إخصابها بحيوان منوى من ذكور حاملة أو غير حاملة للبكتيريا على السواء. فى طفيل *N. vitripennis* ينتج نسل كله ذكور عند التزاوج بين إناث غير حاملة للبكتيريا وذكور حاملة للبكتيريا ويمكن أن يحد من هذه الظاهرة بواسطة المعاملة بالمضادات الحيوية. أيضاً فى حالة الطفيل *Trichogramma deion* وجد أن سبب هذه الظاهرة لا يرجع الى البكتيريا بل إلى عامل أمومى وراثى يرتبط بجينات فى النواة ويسمى بالعامل المورث من الأم maternal inherited factor.

هذا وقد سجلت حالات للإنحرافات فى النسبة الجنسية التى تشابه حالات NRCI، SK، MSR فى عدد من الأنواع الطفيلية الأخرى، ولكن لم يحدد بعد العامل المسبب فى كل حالة. لذا يلزم على كل باحث يحصل على ذكور فقط وبصفة مستمرة فى نسل أى من الأنواع الطفيلية أن يتأكد من أن ذلك يرجع إلى عدم إخصاب الأنثى وذلك بتشريحها وفحص القابلة المنوية للتأكد من عدم إحتوائها على هذه الحيوانات المنوية، آخذاً فى الاعتبار أن الإناث الملقحة قد تفرغ من حيواناتها المنوية قرب نهاية حياتها.

عوامل الموت المحددة للنسبة الجنسيه الثانوية:

١- فى الطفيليات

قد يكون عامل قاتل الابن son killer سبباً فى إختلافات النسبة الجنسية الثانوية عن تلك الأولية فى الطفيليات. إضافة إلى أن هناك عوامل أخرى حيوية وطبيعية مسببة للموت فى

اليرقات إلا أن إحتمال أن بعض هذه العوامل يمكن أن تؤثر على النسبة الجنسية بدرجة كبيرة يحتاج إلى دراسات أدق.

٢- فى المفترسات

عادة ما يعتبر التزاوج عاملاً حاسماً وضرورياً لإنتاج ذرية متباينة من الذكور والإناث فى كل المفترسات الحشرية وكذلك فى الطفيليات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة فهى حشرات مزدوجة الكروموسومات وتقترب النسبة الجنسية فيها من التماثل. رغم ذلك، فقد تم تسجيل نسب جنسية متحيزة للإناث فى نوعين من مفترسات أبو العيد هما *Coccinella undicempunctata* و *Adalia bipunctata*. وجد أن هناك عوامل سيتوبلازمية موروثة cytoplasmically inherited agent (من المحتمل أن تكون بكتريا) مسئولة فى بعض الحالات على الأقل عن قتل البيض المنتج للذكور. يمر هذا العامل من الأنثى ويؤدى إلى فشل ما يربو على نسبة ١٠٠% من البيض المنتج للذكور فى أن يفقس، مؤثراً بذلك بالطبع على النسبة الجنسية الثانوية.

ثامناً: فترة حياة الحشرة الكاملة Longevity

تعتبر فترة حياة الحشرة الكاملة adult life time أو ما يطلق عليها longevity من أهم الفترات على الإطلاق عند دراسة بيولوجيا أى حشرة، خاصة الأعداء الحيوية النافعة. قد يتخلل تلك الفترة فترة سكون إجبارية obligatory أو إختيارية facultative فتطيلها لمدد متفاوتة. تتفاوت تلك الفترة، كما هو الحال فى القدرة التناسلية، بين الأنواع الحشرية المختلفة، متأثرة بالعديد من العوامل الحيوية والطبيعية. فى معظم الدراسات التى تتم على الأعداء الطبيعيه يتم حساب تلك الفترة تحت الظروف المعملية، إذ هناك قلة من البحوث لقياسها تحت الظروف الطبيعية عن طريق تكنيك تعليم marking الأفراد. يمكن دراسة فترة حياة الحشرة الكاملة من وجهات نظر متباينة، بيولوجية كانت أم بيئية. ولذلك ترجع أهمية دراسة تلك الفترة إلى ما يلى:-

١- تعتبر هذه الفترة هى إحدى مقومات لياقة الفرد. فبالنسبة للذكور، كلما طال عمر الذكر كلما زادت فرصته لملاقاة وتلقيح عدد أكبر من الإناث وبالتالى عدد البيض المخصب وبالتالى زيادة نسبة الإناث فى الجيل التالى، علاوة على زيادة التنوع الجينى أو الوراثى للأفراد الناتجة وبالتالى زيادة قوة جمهور العدو الحيوى.

٢- وبالنسبة للإناث فكلما طالت حياة الأنثى كلما زاد عدد البيض الذى يمكن أن تضعه خلال تلك الفترة.

٣- تتحدد كفاءة أى عدو حيوى ناجح على كفاءة الإناث فى الوصول إلى العائل أو الفريسة خلال حياتها الكاملة، وبالتالى القدرة على حفظ النوع وبناء تعداد مناسب للضبط البيولوجى للآفة المستهدفة. وحيث أن العبء الأكبر يقع على الأنثى فى البحث عن العائل أوالفريسة فكلما عاشت فترة أطول زادت فرصتها وكفاءتها فى ملاقاة عوائلها أوفرائسها.

٤- فى حالة المفترسات الحشرية التى تكون مفترسة فى طور الحشرة الكاملة مثل أبو العيدات وبق الزهور (الأوريوس)، تزداد قدرة الحشرة ضد تعداد الآفة المستهدفة مع طول حياة الحشرة الكاملة حيث تستهلك عدداً أكبر من الفرائس فتقلل تعداده، كما تستطيع من ناحية أخرى وضع عدد أكبر من البيض فتزداد بذلك قدرتها التناسلية.

٥- فى حالة الطفيليات الحشرية خاصة التى يلزمها التغذية على مواد نباتية مثل رحيق الأزهار وحبوب اللقاح أو الندوة العسلية، أو حتى التى تتغذى على العائل، هنا لابد أولاً للأنثى من البحث عن مصدر الغذاء كما أنه لابد لها أيضاً من التزام التوازن الدقيق بين البحث عن الغذاء food searching والبحث عن العائل host searching. ولما كانت فترة حياة الحشرة الكاملة لمعظم الطفيليات هى أيام معدودة، فإن قصر حياة الحشرة الكاملة غالباً ما يضعف من قدرة الحشرة فى البحث عن العائل فى مناطق أخرى، خاصة إذا كانت مناطق تواجد الغذاء food habitat مختلفة وبعيدة عن أماكن تواجد العائل الحشرى host habitat.

٦- من المعروف أنه كلما طالت فترة حياة الحشرة الكاملة، كلما كانت هناك فرصة أكبر لإناث الطفيليات لملاقاة الذكور والتلقيح وبالتالى زيادة خصوبته، علاوة على أنه كلما طالت تلك الفترة، كلما زادت فرصة الإناث لإستكشاف مواقع habitats أخرى مجاورة لمواقع خروجها eclosion habitat وبالتالى تكون الفرصة متاحة لتكوين تعداد من الطفيل فى مناطق أخرى لم تكن بها من قبل. فعلى سبيل المثال، نظراً لطول فترة حياة الحشرة الكاملة لمفترسات أبو العيدات، فإن ذلك يعطى لها ميزة عالية فى التنقل بين المحاصيل المجاورة لأماكنها الأصلية وبالتالى القدرة على تكوين عشائر لها فى أماكن أخرى لم تكن بها من قبل.

٧- فى حالة تعذر التلقيح فى الفترات الأولى من حياة الحشرة الكاملة، فإن طول عمر الأنثى يتيح فرصة كبيرة لتلك الإناث فى ملاقاة الذكور فى وقت لاحق وبالتالى التلقيح مرة أخرى. فعلى سبيل المثال، فقد وجد أنه نظراً لطول حياة الحشرة الكاملة لطفيل *Goniozus legneri* فإنه تم الإحتفاظ بالإناث فى المعمل لفترة أطول من أسبوعين وحتى ظهور جيل جديد من الذكور وتم تلقيح تلك الإناث والحفاظ على هذا الطفيل فى المعمل.

تحليل نسبة بقاء الحشرات الكاملة Survival Analysis of adult's longevity

هناك طريقتين فقط لعرض فترات حياة الحشرة الكاملة:

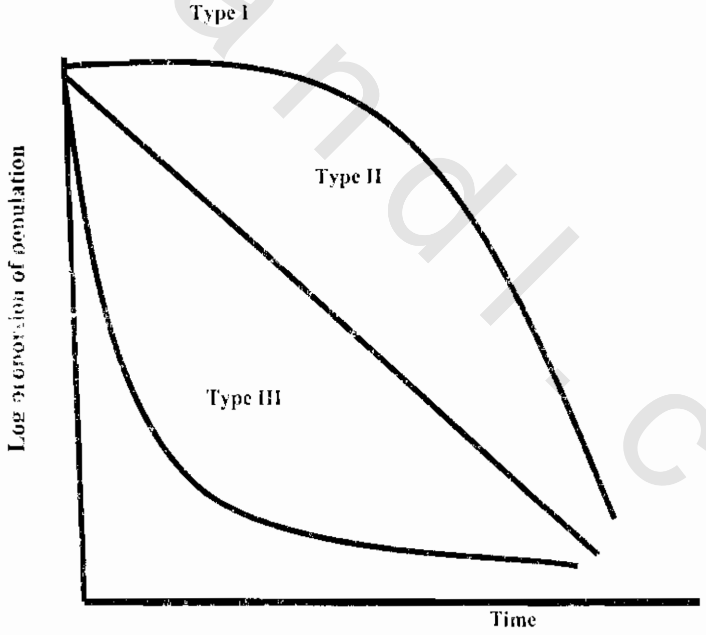
١- عرض متوسط حياة الحشرة الكاملة بالإضافة الى الخطأ القياسى أو الخطأ التجريبى standard error، إلا أنه فى هذه الطريقة عندما نتم مقارنات إحصائية بين المعاملات، يتغاضى الباحثون عن حقيقة أن البيانات الدالة على طول حياة الحشرات الكاملة نادراً ما تكون موزعة توزيعاً طبيعياً.

٢- عرض النتائج فى صورة تحليلية كاملة عن طريق تحليل بقاء الحشرة الكاملة من خلال ما يعرف بمنحنى بقاء المجموعة cohort survival curve. وهذه الطريقة هى الأقل شيوعاً رغم أنها أكثر دقة وتعطى مؤشراً واضحاً وقوياً عن نسبة بقاء أفراد المجموعة فى أى وقت خلال فترة حياتها كما هو موضح فى شكل (٤٠:٣)، وتقع هذه المنحنيات فى ثلاث نماذج:

(١) النموذج الأول Type I : وفيه تقل فرصة التعرض للموت risk of death فى العشيرة مع تقدم العشيرة فى العمر.

(٢) النوع الثانى Type II : وفيه تكون فرصة التعرض للموت ثابتة نسبياً مع العمر.

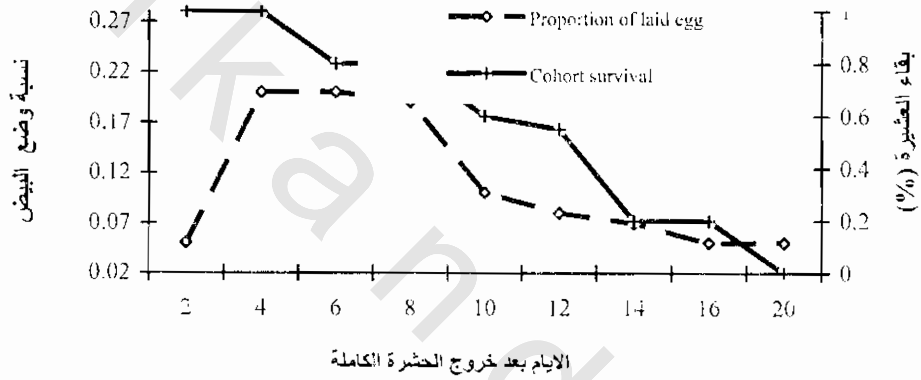
(٣) النوع الثالث Type III : وفيه تزداد فرصة التعرض للموت بتقدم الحشرات الكاملة فى العمر.



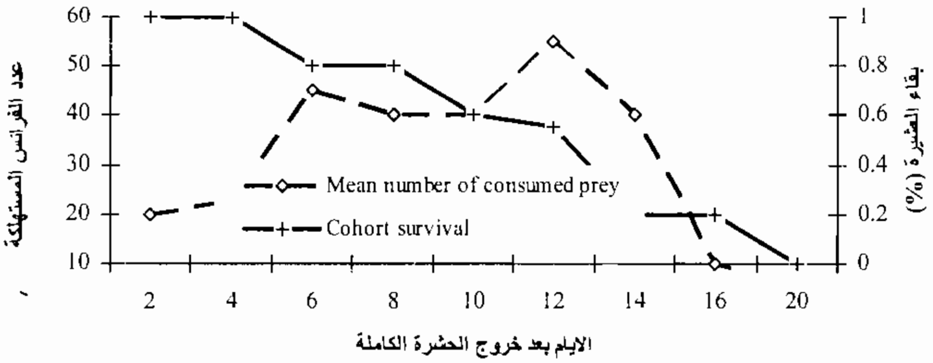
شكل (٤٠:٣) يوضح أشكال منحنيات بقاء الحشرات الكاملة

وعند عرض مثل هذا الشكل، فإنه يلزم تحويل نسبة الموت الى رقم لوغاريتمى ثم رسم العلاقة بين قيمة الرقم اللوغاريتمى مع الزمن وبالتالى يمكن حساب الوقت الذى يموت فيه ٥٠% من التعداد (LT_{50}) لكل معاملة وبذلك يمكن قياس وتحديد الفروق المعنوية بين المعاملات المختلفة فى تأثيرها على حياة الحشرة الكاملة.

وجدير بالذكر أنه ليس من المهم عرض نتائج طول حياة الحشرة الكاملة هل هى شهر أم أسبوع أم بضع ساعات، بقدر المهم أن يصاحب عرض تلك الفترات نسبة البيض الموضوع (شكل ٣: ٤١) وبالتالى يمكن حساب قيم جداول الحياة لتلك الحشرات وبناء عليه تقييم كفاءتها من حيث القدرة على بناء تعداد عال من نسله قادر على كبح جماح الآفة المستهدفة. ويمكن أيضاً عرض نتائج طول فترة حياة الحشرة الكاملة فى صورة علاقه بين عمر الحشرة أو نسبة بقاء عشيرة الحشرة وعلاقتها مع عدد الفرائس المستهلكة (شكل ٣: ٤٢).



شكل (٣: ٤١): يوضح أسلوب عرض حياة الحشرة الكاملة للحشرات النافعة مع التركيز على نسبة البقاء ونسبة البيض الموضوع خلال الفترة بعد الخروج من العذراء.



شكل (٣:٤٢): يوضح أسلوب عرض حياة الحشرة الكاملة للحشرات النافعة مع التركيز على نسبة البقاء للعدو الحيوي و عدد الضحايا المستهلكة بواسطة إناث أحد المفترسات.

فترات حياة الحشرة الكاملة

هناك ثلاث فترات، من الناحية البيولوجية، فى حياة الحشرات الكاملة لأى من الطفيليات والمفترسات الحشرية وهى:

أ- فترة ما قبل وضع البيض Pre-oviposition period

وهى الفترة من خروج الحشرة الكاملة من طور العذراء وحتى وضع أول بيضة. وهذه الفترة تطول أو تقصر تبعاً لنوع الطفيل أو المفترس الحشرى، لنوع العائل أو الضحية المتغذى عليها أو المتطفل عليها، درجات الحرارة، الرطوبة، والإضاءة أو على حسب الموسم عند دراستها حقلياً خارج المعمل Outdoors. خلال هذه الفترة تقوم الإناث بالمهام التالية:

١- البحث عن الذكور وذلك لإتمام عملية التلقيح.

٢- إدراك مكان تواجدها بروائح معينة تمكنها من تحديد الاتجاه فى الحركة.

٣- التغذية، سواء على الرحيق، حبوب اللقاح، الندوة العسلية، أو العائل الحشرى أو الحيوانى وذلك لإنضاج البيض خاصة فى الطفيليات والمفترسات مستمرة تكوين البيض Synovigenic.

٤- بداية البحث عن العائل أو الفريسة المناسبة داخل وسط الانتشار والتى يؤثر عليها عوامل كثيرة.

تطول فترة ما قبل وضع البيض فى المفترسات الحشرية عند مقارنتها بالطفيليات الحشرية حيث تصل إلى أسبوع أو أكثر فى أبو العيدات. أما فى الطفيليات فتصل هذه الفترات إلى عدة ساعات فى بعض الطفيليات أو أكثر من يوم فى البعض الآخر مثل طفيل *Phanerotoma oculari*s.

ب- فترة وضع البيض Oviposition period

وهى الفترة من وضع أول بيضة إلى أخر بيضة داخل فريعات مبيض الأنثى. وهذه هى الفترة الأهم على الإطلاق والتى غالباً ما تستخدم بواسطة المشتغلين بالعلوم البيولوجية خاصة المكافحة البيولوجية عند تقييم الأعداء الحيوية من طفيليات ومفترسات. فى هذه الفترة، تكون الإناث جاهزة للتعامل مع العائل أو الفريسة من حيث التغذية ووضع البيض والتوازن بينهما. كما أن البحث عن العائل يصل إلى ذروته خلال هذه الفترة.

ثبت علمياً أنه عند نضج البيض داخل مبايض الأنثى، فإن السلوك البحثى للإناث يتغير جذرياً وتبدأ بسرعة فى البحث عن العائل من حيث الإستجابة العالية لكثير من المنبهات الكيميائية والفيزيائية التى لم تكن تستجيب لها من قبل مثل طفيليات جنس *Encarsia* المتطفلة على الذباب الأبيض.

تزداد خبرة الإناث فى البحث والاستجابة للروائح المختلفة مع زيادة خبرتها مع العائل حتى ولو بوضع بيضة واحدة وبالتالى نتوقع إرتفاع تدريجى فى السلوك البحثى وكفاءتها بزيادة تعامل الطفيل أو المفترس مع عائله أو ضحيته.

فى إناث الطفيليات المتغذية على العائل، تكون عملية التوازن بين وضع البيض أو التغذية على العائل فى قمتها خاصة عند تواجد العائل بكثافة منخفضة.

جـ - فترة ما بعد وضع البيض Post oviposition period

وهى الفترة من وضع أخر بيضة حتى الموت. مما لاشك فيه أن هذه الفترة هى أقل الفترات الثلاثة أهمية من حيث الناحية التطبيقية وكثيراً ما تهمل بواسطة المشتغلين فى برامج المكافحة البيولوجية لعدم تكاثر الطفيل أو المفترس فيها. خلال هذه الفترة تكون إستجابة الطفيل لكل من الذكور للتزاوج أو العائل من أجل التكاثر ضعيفة جداً وفى أدنى مستوياتها لعدم وجود الحافز لذلك وخلو المبايض من البيض. أما فى حالة المفترسات التى تكون مفترسة خلال طورها الكامل، فإن هذه الفترة لها أهمية تطبيقية، حيث أنها تستمر فى التغذية والإفتراس وبالتالى تساعد فى خفض تعداد الآفة المستهدفة بالمكافحة رغم عدم وضعه للبيض فى تلك الفترة. تختلف هذه

الفترة من طفيل لآخر وتصل لعدة ساعات فى طفيليات الترايكوجراما أو أكثر من يوم فى طفيل *Copidosoma* أو لعدة أيام أو أكثر من أسبوع فى المفترسات.

العوامل المؤثرة على حياة الحشرة الكاملة

أولاً: العوامل الحيوية Biotic factors

١ – كثافة العائل أو الفريسة Prey or host density

بصفة عامة، قد يكون لكثافة العائل الحشرى أو الفريسة تأثير طفيف، أو قد لا يكون له تأثير بالمرة على طول حياة الحشرة بين مجموعات الطفيليات والمفترسات التى لا تكون إناثها مفترسة. أما فى حالة الأنواع التى تكون إناثها مفترسة فى طورها الكامل، فإن غالبية المعلومات تتعلق بالحالات التى يقارن فيها النتائج التجريبية بين فترة حياة الإناث التى حرمت كلياً أو جزيئياً فى فترة من حياتها من عائلها أو فريستها وبين تلك التى لم تحرم. ومن المتوقع أن تقصر تلك الفترة فى الإناث الأولى. هناك عدد قليل من البحوث المنشورة التى فيها ترتبط فترة حياة إناث الحشرة الكاملة المفترسة بكل من العوائل أو الفرائس المتاحة أو معدل الإستهلاك. توجد علاقة موجبة بين طول فترة حياة الحشرة الكاملة ومعدل الاستهلاك الغذائى فى الإناث البياضة لحشرة أبو العيد ١١ نقطة تحت كثافات متباينة من الفريسة. كما توجد أيضاً علاقة موجبة بين القدرة التناسلية وبين معدل البقاء فى طفيل *Trichogramma minutum* والذى قد يسلك أحياناً مسلك المتغذى على العائل، تحت ظروف كثافات متباينة. فى حالة الإناث غير البياضة للمفترس *Thanasimus dubius* (Cleridae) تتأثر فترة حياة الحشرة الكاملة بطريقة مباشرة بكثافة الفريسة فقط عند المستويات المنخفضة من الفرائس المتاحة. وجدت علاقة متشابهة أيضاً فى الإناث البياضة للطفيل *Dicondylus indianus* الذى يتغذى على عائله. ومن المحتمل أن يرجع السبب فى عدم وجود علاقة بين المستويات الأعلى من الفرائس أوالعوائل المتاحة وفترة حياة الحشرة الكاملة فى الحالتين السابقتين أنه عند هذه المستويات من الكثافة التى تظهر فيها العلاقة تكون متطلبات الطفيل أو المفترس كافية لتغذيتها.

هذا وقد وجد أن الفترة المتوقعة لحياة الحشرة الكاملة تتناقص مع زيادة العوائل أو الفرائس المتاحة. فعند تغذية إناث خنافس *Notiophilus biguttatus* (Carabidae) إما على فردين أثنين من فريسته (الحشرات ذات الذنب القافز spring tail) فى اليوم أو التغذية على وفرة منه أثناء حياتها وجد أن إناث الخنافس فى الحالة الأولى عاشت فترة معنوية أطول من الثانية بالرغم من أنها

وضعت كمية أقل من البيض. ويعتبر هذا مثال آخر واضح للإستعاضة Trade-off بين الإنتاج والفترة المتوقعة لحياة الحشرة الكاملة.

٢- نوعية الفريسة أو العائل Prey or host quality

أ- **الغذاء المستمد من العائل أو الفريسة:** هناك علاقة إيجابية بين نوع الفريسة وطول حياة الحشرة الكاملة للمفترس. فعلى سبيل المثال عند تغذية مفترسات أبو العيدات على من النفلة، فإن طول حياة الحشرة الكاملة تكون أقصر ما يمكن وكذلك معدل التبويض ووضع البيض وذلك مقارنة بمن البقول، أما من الخوخ الأخضر فهو حالة وسطية بين كلاً النوعين. أما فى حالة الطفيليات التى تتغذى على عوائلها، فعلى سبيل المثال، فإن فترة حياة الطفيل *Goniozus legneri* تكون أطول عندما تتغذى الحشرة الكاملة للطفيل على يرقات فراشة الدقيق *Ephestia kuehniella* مقارنة عند تغذيتها على يرقات دودة أوراق الزيتون *Palpita unionalis*، بل أن عمر الحشرة الكاملة وقدرتها التناسلية تختلف بإختلاف العمر اليرقى ليرقات فراشة الدقيق المتغذى عليها.

ب- **نوع الغذاء الصناعى المستخدم معملياً أو النباتى حقلياً:** أوضحت كثير من الدراسات أنه فى غياب الفريسة أو العائل، فإن الطفيليات والمفترسات التى تعطى أغذية غنية بالكربوهيدرات مثل محاليل العسل تكون أطول عمراً من التى تعطى ماء فقط أو التى تحرم من التغذية. هذا وقد وجد أنه بينما تطيل السكريات الأحادية والفركتوز من حياة الحشرة الكاملة للطفيل *Nasonia vitripennis* فإن السكريات العديدة Polysaccharides يكون لها نفس القيمة إذا تم تحليلها فقط بواسطة إنزيم alpha glucosidae مؤكداً بذلك أن هذا الإنزيم فقط هو المحلل للكربوهيدرات بالنسبة لهذا الطفيل. كذلك فإن مثل هذه الحشرات التى تتغذى على محاليل سكرية تكون أطول عمراً عن تلك التى تتغذى على العائل حيث أن المحاليل السكرية أو السكريات عموماً ترتبط بعملية البقاء survival أكثر من إرتباطها بعملية التبويض ووضع البيض. كذلك وجد أن الطفيليات والمفترسات الحشرية التى تتغذى فى الحقل على رحيق الأزهار، تعيش أطول من تلك التى تتغذى على الندوة العسلية أو حبوب اللقاح.

٣- حجم الجسم

وجد أن هناك علاقة إيجابية معنوية بين حجم الجسم وطول حياة كوامل الحشرات (فى بعض الحالات تكون فى الذكور كما فى الإناث) فى عديد من الأنواع الطفيلية مثل طفيليات *T.*

Venturia canescens , Pteromalus puparum , Trichogramma evanescens, platneri. هناك من الطفيليات ما يشذ عن هذه القاعدة مثل طفيليات *Encarsia formosa* وكذلك *Trichogramma maidis* والتى لا توجد فيها علاقة معنوية. هذا وقد وجد فى حالة الطفيل *Goniozus nephantidis* بأن إناثه الأكبر حجماً تعيش فترة أطول من تلك الأصغر حجماً فى حالة إمدادها بالعائل، أما فى حالة حرمانها من العائل، فإن الإناث الأصغر حجماً تعيش فترة أطول نسبياً من تلك الأكبر حجماً.

٤- التزاوج

ثبت أن هناك علاقة عكسية بين تكرار التزاوج وطول عمر الحشرة الكاملة ذكوراً كانت أم إناثاً. فقد سجل تناقص معنوى فى عمر ذكور الطفيل *Dibrachys boarmiae* (Pteromalidae) التى تزاوجت مع خمس إناث فى اليوم كما نضبت حيواناتها المنوية نهائياً مقارنة بتلك التى تزاوجت مرة واحدة فى اليوم. أيضاً تم تسجيل تأثير التزاوج على العديد من المفترسات الحشرية من أجناس *Orius , Blaptostethus , Coccinella , Stethorus*.

٥- عدد الطفيليات النامية داخل الفرد الواحد من العائل

وجد أن طفيليات *Copidosoma desantisi* النامية داخل يرقات فراشة درنات البطاطس يكون حجمها صغيراً عندما تكون اليرقة ممتلئة بيرقات الطفيل وتقصر حياة كواملها.

ثانياً العوامل غير الحيوية Abiotic factors

١- الحرارة

هناك مدى حرارى أمثل لكل نوع حشرى، خارج نطاقه يتأثر عمر الحشرة بشدة. وبصفة عامة تتناقص هذه الفترة، فى كل من الذكور والإناث، مع زيادة درجات الحرارة فى حدود هذا المدى. تشمل معظم الدراسات والتجارب التى صممت لتبيان تأثير درجات الحرارة على عمر الكوامل تعريض الحشرات لدرجات حرارة ثابتة متجاهلة بذلك أن هذا لا يحدث فى الطبيعة التى فيها تتذبذب درجات الحرارة أثناء اليوم وتكون فى أقل معدلاتها أثناء الليل.

٢- الرطوبة

تلعب الرطوبة النسبية أيضاً دوراً مؤثراً وفعالاً فى فترات حياة الحشرات الكاملة للطفيل أو المفترس ويتضح تأثيرها أكثر مع درجات الحرارة العالية. بالرغم من أنه قد يبدو سهولة دراسة

إجراء تجارب عن تأثير الرطوبة على طول حياة الحشرات، لكن هناك مشكلة في إبقاء الحشرات لفترات طويلة كافية تسمح بالمقارنات الإحصائية، فالحشرات التى تحرم من غذائها تموت بسرعة ملحوظة، علاوة على أنه تحت الظروف المعملية يتم تغذية الطفيليات أو المفترسات فى معظم الحالات على محاليل سكرية الأمر الذى يصعب معه الفصل بين تأثيرات المحتوى المائى للهواء وذلك فى الغذاء على طول حياة الحشرة الكاملة.

٣- فترات الإضاءة

هناك قليل من المعلومات حول تأثير فترات الإضاءة على حياة كوامل الحشرات. فلو أخذنا فى الإعتبار أن فترة حياة كوامل الإناث من المفترسات تتأثر بمعدل الإستهلاك الفرائسى وأن بعض الحشرات تكون نشطة (بمعنى إفتراسها للفريسة) فقط أثناء فترات معينة من اليوم، فلابد أن نتوقع أن طول حياة الحشرة تتأثر بفترة الإضاءة، ومع ملاحظة أن بعض العائلات من الطفيليات والمفترسات الحشرية ليلية النشاط مثل Vespidae, Pompilidae، وبعض الأنواع من عائلة Ichneumonidae. فى حالة الطفيل *Ooenocyrtus kuvanae* فإن فترة الضوء التى تتعرض لها الحشرة أثناء خروجها تؤثر على كل من فترة حياة الحشرة الكاملة ومعدل القدرة الإنتاجية. فالإناث التى تتعرض لظروف النهار القصير تكون أطول عمراً وأقل إنتاجاً. هذا وهناك إرتباط بين فترات الإضاءة والسكون فى الحشرات الكاملة أو السكون الوظيفى كما فى عائلة بق الأزهار Anthocoridae. أيضاً فى حشرات أسود المن تكون فترات حياة الحشرات فى الأنواع التى تدخل فى بيات إنتاجى reproductive diapause تكون أطول عمراً بلا شك وقد يستغرق هذا التوقف عن التكاثر والإنتاج فترة طويلة تحت ظروف الحقل كما فى أسد المن *Chrysoperla carnea* مما يتسبب عنه إطالة عمر الأنثى لأكثر من ٩ شهور. وبالمثل البيات الصيفى فى نوع أسد المن *Nineta flava* الذى يتسبب فى إطالة عمر الأنثى إلى ٧ شهور.

تاسعاً: التطفل المتزايد Superparasitoidism

في الأدبيات، هناك جدل كثير حول المفهوم الدقيق للتطفل المتزايد. إذ على سبيل المثال، إستخدم فيسك Fiske سنة ١٩١٠ هذا المصطلح ليعبر عن كل من التطفل المتزايد بمفهومه الحالي والتطفل المتضاعف multiparasitoidism (mixed superparasitoidism) الذي فيه تتم الغرزة الثانية بواسطة أنثى طفيل من نوع آخر كما سيأتي ذكره فيما بعد. وفي عام ١٩١٦ قام العالم سميث Smith بفصل كلا المصطلحين عن بعضهما وقدم تعريفاً للتطفل المتضاعف على أنه تلك الحالة التي يحدث فيها التطفل من نوعين مختلفين. وأصبح تعريف التطفل المتزايد، وفقاً للعالمين

Dijken و Waage سنة ١٩٨٧ على أنه وضع كتلة clutch من البيض (من الطبيعي أن هذه الكتلة قد تحتوي على بيضة واحدة فقط) على أو في عائل سبق التطفل عليه بنفس الأنثى self-specific أو بأنثى أخرى من نفس النوع conspecific. تعرف كتلة البيض على أنها البيض الموضوع أثناء غرزة واحدة فقط بآلة وضع بيض الأنثى. ومن الأمثلة الصارخة لحدوث التطفل المتزايد هو ما سجله توثيل Tothill سنة ١٩٣٠ عن وجود ٧٢ بيضة من الطفيل التاكيندي الإنفرادي *Ptychomyia remota* على يرقة الفراشة *Levuana iridescens* (Zygaenidae). يمكن لأنثى الطفيل أن تتجنب حدوث التطفل المتزايد عندما يمكنها فقط التعرف على العائل الذي سبق التطفل عليه وهو ما يطلق عليه قدرة تمييز العائل host discrimination، كما سيأتي شرحه فيما بعد. وعادة ما ينظر إلى التطفل المتزايد على أنه خطأ في مرحلة من مراحل حياة أنثى الطفيل.

عادة ما يكون نسل أنثى الطفيل الثانية المتطفلة تزايدياً في حالة منافسة ليست في صالحه، مقارنة بنسل أنثى الطفيل الأولى first. في أنواع الطفيليات الإنفرادية، فإنه من المحتمل غالباً أن تفشل يرقات الأنثى الثانية في النمو، أما في حالة الطفيليات الجماعية، فإنها تدخل في منافسة شديدة مع اليرقات الأكبر عمراً الناتجة عن كتلة البيض الأولي والتي غالباً ما تستنفذ الكثير من المصادر الغذائية للعائل. وأمام مواجهة مثل هذه الأضرار، يتولد لدى أنثى الطفيل الإحساس الوجداني في أن تكون قادرة على التمييز بين العوائل المتطفل عليها وتلك غير المتطفل عليها. يسمح هذا التمييز بأن تتجنب أنثى الطفيل وقتها الضائع وبيضها المفقود على عوائل تكون لذريتها فيها قدرة ضعيفة على المعيشة. بالإضافة إلى ذلك، عندما يكون العائل قد سبق التطفل عليه بنفس الأنثى، فإن القدرة على التمييز سوف يجنبها مخاطر إهلاك العائل بتعرضه لهجمات إضافية further attacks. أكد لانتيرن Van lantern سنة ١٩٨١ على أن حدوث التطفل المتزايد لا يعني بالضرورة أن أنثى الطفيل غير قادرة على التمييز بين نوعي العوائل المتطفل عليها والسليمة، وهو ما سبق وأشار إليه Salt سولت سنة ١٩٣٤، إذ أن هناك كثير من الأنماط models التي كشفت عن الظروف التي عندها يكون التطفل المتزايد محبباً لطفيليات قادرة على التمييز.

١- التطفل المتزايد في الطفيليات الإنفرادية Superparasitoidism in solitary parasitoids

من المفترض أن الطفيليات الحشرية تحاول أن تُعَظم من أكبر قدر ممكن من الإستفادة من عوائلها، فتتعامل مع العوائل التي سبق التطفل عليها على أنها عوائل فقيرة في نوعيتها. ويجب أن لا يحدث التطفل المتزايد إلا تحت ظروف متشابهة لتلك التي تشجع وضع البيض في عوائل فقيرة في نوعيتها.

١- يجب أن لا يحدث تطفلاً متزايداً عند توافر عوائل سليمة غير متطفل عليها.

٢- العوائل المتطفل عليها إما أن تقبل دائماً أو يتم تجاهلها دائماً، وهو ما يطلق عليه (the zero–one rule).

٣- عندما تكون القدرة على تمييز العائل سريعة، فإن قرار التطفل المتزايد يجب أن يعتمد فقط على وفرة العوائل السليمة وليس على معدل تكرار الإلتقاء بالعوائل المتطفل عليها. أما عندما يتطلب معرفة العوائل المتطفل عليها وقتاً طويلاً، فإن القرار يتأثر بوفرة العوائل المتطفل عليها. وعندما تكون الطفيليات قادرة على تقدير عدد البيض فى العائل، فإنها يجب أن تكون أقل رغبة فى أن تتطفل تزايدياً على عوائل تحتوى على إثنين أو ثلاث بيضات، مقارنة بتلك التى تحتوى على بيضة واحدة.

في العديد من الطفيليات، يكون حمل البيض عاملاً محدداً لحدوث التطفل المتزايد أكثر من عامل الوقت. يعتمد القرار الأمثل في أن تتطفل أنثى طفيل تطفلاً متزايداً على الحالة الداخلية لها مثل عدد البيض الذي تحمله. على سبيل المثال، فقد أظهرت الدراسات التي أجريت على إستراتيجيات التطفل المتزايد في إناث الطفيليات التي يكون فيها حمل البيض عاملاً محدداً، أن هذا النوع من التطفل يكون أكثر تكرارية عندما تمتلك الطفيليات كمية كبيرة من البيض الناضج داخل مبايضها. في حالة مثل هذه الطفيليات، إذا كان موتها مُحَقَقاً بدون وضع بيض، فإن الأمر يستوى عندها في أن تفقد بيضها من خلال تطفل متزايد حتى ولو كان أمام نسلها إحتمال ضئيل جداً في أن يعيش.

هناك مشاكل أخرى تواجه التطفل المتزايد، إذ يمكن أن تؤثر الإستراتيجية المؤداة بواسطة أنثى الطفيل على التواجد النسبي لأنماط العائل، فعند مهاجمة أنثى الطفيل عائلاً سليماً غير متطفل عليه، فإنها هنا لا تستبعد فقط فرداً ذو جودة عالية فى نمطه (الأفراد غير المتطفل عليها)، بل ستضيف عضواً آخر إلى أعداد أفراد العائل ذات الجودة الأقل جودة (الأفراد المتطفل عليها). تتعقد هذه المشكلة حينما يكون هناك عدد من الإناث الأخرى الباحثة معها لدرجة أن الإستراتيجية المثلى للتطفل المتزايد تعتمد على أداء مثل تلك الطفيليات الأخرى.

عندما يؤخذ في الإعتبار أن أنثى طفيل أو أكثر تبحث معاً، وتتطفل على أفراد عائل في رقعة معينه patch، ومع إفتراض أن هذه الطفيليات يحكمها عامل الوقت، وأن أفراد هذه الرقعة من العائل سوف تُستنزف depleted بواسطة الطفيليات الباحثة، وأن الطفيليات سوف تهجر هذه الرقعة عند المستوى الذي فيه تكتشف إنخفاض أعداد العائل إلى قيمة ثابتة تحددها نوعية البيئة quality of the environment، فإن الطفيل يمكن أن يمارس إستراتيجيات مختلفة من التطفل

المتزايد، يتأثر عائدها بإستراتيجيات الطفيليات الأخرى الباحثة في نفس الرقعة. يفترض أن إناث الطفيليات تكون قادرة على تقدير عدد المرات التي تعرض فيها العائل للتطفل، إذ تتناقص فرصة نمو البيضة الموضوعة لاحقاً مع زيادة عدد البيض المتواجد فعلاً داخل العائل.

من المتوقع أن أنثى الطفيل الباحثة بمفردها لا تراهن مطلقاً never engage بتطفل متزايد، لكن قد يكون التطفل المتزايد محبباً لو أن إثنين أو أكثر من الإناث تبحث معاً. في الحالة الأخيرة، تقبل الطفيليات أولاً التطفل فقط على الأفراد السليمة من العائل، ثم تتحول إلى قبول أفراد منه تحتوي على بيضة واحدة فقط، ثم بعد ذلك تقبل تلك الأفراد المحتوية بالتتابع على أكثر من بيضة إلى أن تهجر هذه الرقعة من العائل host patch. عادة ما تركز أنثى الطفيل أولاً على أفراد العائل غير المتطفل عليها، مهاجمة أكبر عدد ممكن منها قبل أن تتقابل إناث أخرى مع أفراد هذه الرقعة من العائل. يعتبر كل من عامل طول الفترة المطلوبة للتعامل مع العائل handling time، وإحتمالية معيشة البيضة التي توضع في عائل سبق التطفل عليه من المعايير الحرجة التي تؤثر على وقتية التحول إلى حدوث التطفل المتزايد. حينما يبحث طفيل واحد فقط بمفرده بين أفراد تجمع من عائل، فإن التطفل المتزايد لا يمكن حدوثه بسبب أن أنثى الطفيل سوف لا تجني أية فائدة no increment of fitness من خلال إضافة بيضة أخرى لعائل سبق أن هاجمته. أما عندما تتواجد إناث أخرى، فقد يكون من الأجدى وضع بيضة في عائل سبق التطفل عليه بسبب أن هذا العائل ربما يكون قد سبق مهاجمته بأنثى أخرى، وهذا طبعاً مع إفتراض أن البيضة الثانية ربما قد يهيأ لها بعض الفرص لمعيشتها. عند تواجد إناث أخرى، قد تقوم أنثى الطفيل بإضافة بيض إلى فرد من العائل يحتوي فعلاً على بيضة أو أكثر من بيضها فيما لو أن هذا سيزيد من إحتمالية أن تفوز ذريتها في النهاية. ربما تفسر القيمة المتزايدة increased value للعوائل السابق التطفل عليها سر بقاء الإناث فترة أطول في رقعة يتواجد بها إناث أخرى من نفس نوعها.

مع إفتراض أن أنثى طفيل ما يمكن أن تتعرف detect على عدد البيض المتواجد فعلاً في عائل، وأيضاً مع إفتراض التعرف على عدد إناث الطفيل الباحثة في رقعة العائل، وأيضاً أنه كلما زاد عدد بيض الطفيل التي يعولها العائل كلما زاد إحتمال موت كل أفراد الطفيل، فإن الأنثى الباحثة بمفردها، مع كل هذه الإفتراضات، لا يمكن أن تتطفل تزايدياً، لكن من المسلم به أن مرات تكرار حدوث التطفل المتزايد وكذلك عدد البيض في كل عائل من المتوقع لابد أن يتزايد مع زيادة عدد الإناث الباحثة. وهناك عاملان رئيسيان يحددان عدد المرات التي يجب أن يُهاجم فيها عائل ما وهما:

١- خطورة قتل العائل بسبب إضافة عدد أكبر من البيض.

٢- خسارة البيض المفقود على عوائل متطفل عليها مسبقاً، والتي من المفترض أن توضع على عوائل سليمة غير متطفل عليها إما في أفراد رقعة العائل الحالية أو المستقبلية.

يحدث التطفل المتزايد الذاتي self superparasitoidism فيما لو أن أنثى طفيل تهاجم عائل سبق أن تطفلت هي عليه. وفي الوقت الذي يسهل فيه الإتفاق على أن التطفل المتزايد موحد النوع conspecific superparasitoidism يمكن، تحت ظروف خاصة، أن يزيد من لياقة الطفيل، إلا أن التطفل المتزايد الذاتي self superparasitoidism يكون بصفة دائمة تقريباً ضياعاً لكل من الوقت والبيض الموضوع. قد يكون للتطفل المتزايد الذاتي عيب أخر عندما، على سبيل المثال، يكون هناك خطورة من وجود يرقتين معاً في عائل واحد يُهلك كل منهما الآخر. هناك بعض الظروف التي عندها يمكن للطفيل الإنفرادي من أن يستفيد من وضع بيضتين في عائل واحد، حيث أن وجود بيضتين يمكن أن يساعد في التغلب على نظام دفاع العائل، كما أنه يزيد من إحتمالية أن واحداً على الأقل من نسله سوف يهزم الأفراد المنافسة له داخل عائل متطفل عليه تزايدياً. وعموماً فإنه يمكن القول أن التطفل المتزايد الذاتي المُتعمد من المحتمل أن يكون نادر الحدوث، وأن معظم حالاته تنتج من عدم القدرة على تمييز العوائل التي هوجمت بنفس الأنثى أو بإناث من نفس النوع. ومن الطبيعي، أن تمييز العائل سوف يكون مفيداً، وبصفة خاصة عندما تكون خطورة عودة ملاقاتها بالعوائل عالية.

يمكن أن يختلف سلوك إناث الطفيليات الخارجة حديثاً عند ملاقاة عوائل متطفل عليها عن تلك المدربة لسببين رئيسيين، **أولهما** لأنها ساذجة غير مدربة لم تتعلم بعد كيفية تحديد الوفرة العددية الحالية للعائل current population abundance، ولا النسبة المتطفل عليها من جمهوره. تكتسب هذه الطفيليات الساذجة الخبرة مع التعامل مع تلك العوائل. **وثانيهما** أن الطفيليات الخارجة حديثاً لا تخاطر بالتطفل المتزايد الذاتي.

أخيراً، فإنه يمكن القول، بصفة عامة، بأن سلوك أنثى الطفيل يكون معقداً للغاية وأصعب من أن يوصف بتلك الإفتراضات السابقة، وبصفة خاصة لأن التطفل المتزايد غالباً ما يتأثر بخبرة الأنثى.

ب- التطفل المتزايد فى الطفيليات الجماعية Superparasitoidism in gregarious parasitoids

تتواجد الطفيليات فى ست رتب حشرية، أكثرها عدداً ودراسة يقع فى رتبة غشائية الأجنحة. تظهر الطفيليات مدى واسع من العلاقات مع عوائلها. فهناك الطفيليات الإنفرادية

solitary، والجماعية gregarious التى تكون أفرادها على شاكلة واحدة congeners، كما يمكن لعديد من الأنواع أن تتطفل تطفلاً متزايدا superparasitized على عوائلها. يحدث هذا النوع من التطفل بوضع بيضة واحدة (بواسطة طفيل إنفرادي) أو مجموعة من البيض (بواسطة طفيل جماعي) بواسطة أنثى الطفيل فى أو على عائل سبق التطفل عليه بنفس الأنثى أو أنثى أخرى من نفس النوع. تضع الطفيليات الخارجية بيضها على جسم العائل، بينما تضعه الطفيليات الداخلية داخل العائل. تصنف الطفيليات على أنها إنفرادية لو أن فرد واحد على الأكثر من النسل أمكنه أن يكمل نموه على أو داخل فرد واحد من العائل، وكطفيليات جماعية عندما يمكن أن يكمل أكثر من فرد من النسل نموه بنجاح على أو داخل فرد واحد من العائل. يمكن أن يؤثر التطفل على نمو العائل إما فى الحال أو بعد فترة معينه من الوقت. عندما يتم التطفل بنوع من الطفيليات التى تميت عائلها idiobionts يتوقف نمو العائل، لكن عندما يحدث التطفل بنوع من الطفيليات التى تبقى على عوائلها koinobionts فإن العائل يستمر فى النمو وفى نفس الوقت تستمر ذرية الطفيل فى النمو أيضاً. وتعتبر دراسة وفهم التطفل المتزايد فى الطفيليات الجماعية نوع خاص من التحدى سواء من منظور العائل أو الطفيل، ثم ما الذى يجعل استراتيجية هذه الحياة ذات طابع خاص مقارنة باستراتيجيات الحياة الأخرى؟

ليس بالضرورة أن يقع الإختلاف بين أنواع الطفيليات الإنفرادية والجماعية فقط عند مستوى عدد البيض الموضوع أثناء غرزة واحدة فقط بآلة وضع البيض، إذ أن وضع مجموعة من البيض أثناء غرزة واحدة فقط من آلة وضع البيض ليس قاصراً فقط على الأنواع الجماعية، بل يمكن أن يحدث أيضاً فى الأنواع الإنفرادية. لكن تعمل ميكانيكيات إماتة الأشقاء siblicidal على الحد من عدد النسل الذى يكمل نموه إلى فرد واحد فقط فى الأنواع الإنفرادية من الطفيليات. يرتبط هذا السلوك المميت للأشقاء بامتلاك اليرقات لفكوك علوية قاطعة فى تلك الأنواع الإنفرادية من الطفيليات وانعدامها فى الأنواع الجماعية منها، إضافة إلى الإفتراض النظرى على أن عدم قدرة تلك اليرقات على الحركة ربما تسهم أيضاً فى منع حدوث تلك الظاهرة فى الطفيليات الجماعية. غالباً ما ينظر، بصفة عامة، إلى أنواع الطفيليات الجماعية على أنها غير مميتة لأشقائها non siblicidal مما يسمح لعديد من الأفراد أن تنمو بنجاح مع بعضها. لكن يبقى للمناقشة إلى أى مدى يمكن أن ينمو بنجاح إلى الطور الكامل البيض الموضوع بواسطة الأنواع الجماعية من الطفيليات تحت ظروف التطفل المتزايد.

يمكن أن تحتوى الكتلة الواحدة من البيض الموضوعة أثناء غرزة واحدة فقط بآلة وضع بيض الأنواع الجماعية من الطفيليات على دستاً Dozens من البيض، ويمكن أن ينتج عن إستمرار وضع كتل البيض الموضوع أثناء غرزة أو أكثر من الغرزات المتتالية إلى وجود أكثر من ١٠٠ بيضة للطفيل فى العائل الواحد. وتباعاً سوف يكون الفصل بين ظاهرة التطفل المتزايد والجماعية gregariousness من الأمور المحيرة clusive، خصوصاً عندما يكون التعامل مع عوائل مطمورة داخلياً فى أنسجة النبات أو أي مادة غذائية أخرى. سوف يستخدم مصطلح حجم الكتلة clutch size للدلالة على عدد البيض الموضوع أثناء غرزة واحدة فقط بآلة وضع البيض، ومصطلح حضنة brood للدلالة على النسل المتعدد للطفيل النامى داخل فرد واحد من العائل بصرف النظر عما إذا كان ناتجاً من تطفل متزايد أو من كتلة بيض واحدة موضوعة بواسطة أنثى طفيل جماعى أثناء غرزة واحدة فقط بآلة وضع البيض. وهنا يجب مناقشة الإختلافات السلوكية للإناث البياضة التى تؤدى إلى الجماعية gregariousness مقارنة بالتطفل المتزايد superparasitoidism. تختلف الحضنة الناتجة من كلا الحالتين من وضع البيض فى تركيبة أعمارها حيث أن التطفل المتزايد فقط ينتج عنه ذرية مختلطة الأعمار mixed – age من العائل الواحد. والأكثر من هذا فإن الحضنة الناشئة عن التطفل المتزايد فقط يمكن أن تحتوى على أفراد غير شقيقة non sibling. فى حالة التطفل المتزايد الذاتى self superparasitoidism توضع كتل البيض عن طريق نفس الأنثى، بينما فى التطفل المتزايد المختلف conspecific superparasitoidism فإن كتل البيض توضع بواسطة إناث مختلفة من نفس النوع. ومن ثم بالرغم من أن التطفل المتزايد والجماعية يشتركان فى بعض الصفات العامة ويصعب التمييز بينهما دائماً، لكنهما يختلفان أساساً فى نواحى أخرى عديدة.

حدوث التطفل المتزايد فى الحقل Occurrence of superparasitoidism in field

تندر الدراسات الحقلية التى تقدر معدلات التطفل المتزايد فى أنواع الطفيليات الجماعية. فى معظم الطفيليات الجماعية لا يمكن تحديد التطفل المتزايد بنفس الوضوح كما فى الطفيليات الإنفرادية التى لا ينتج عن غرزة واحدة فقط منها أكثر من فرد واحد يعيش طوره اليرقى ولذلك يسهل تميزه عن التطفل المتزايد.

غالباً ما يستدل على حدوث ومعدلات تكرار التطفل المتزايد فى الحقل على أساس قيم مستوى الحد الحرج للنوع أو السلالة. وبسبب أن التطفل المتزايد غالباً ما يغير من خصائص تاريخ حياة ذرية الطفيل، فلابد من إستخدام عدد من المعايير criteria لتحديد الحد الحرج لأحجام

الحضنة وإفتراض حدوث التطفل المتزايد فوق هذا المستوى. تتضمن هذه المعايير موت ذرية الطفيل، واللياقة الخاصة بكوامل الطفيليات الخارجة مثل حجم الجسم والوزن الجاف إضافة إلى النسبة الجنسية للذرية. وبسبب أن قيم الحد الحرج للصفات المختلفة تغطى مدى معين (على سبيل المثال ١٥٠ أو ٢٠٠ أو ٣٠٠ فرد)، يتخذ التقدير الأعلى (٣٠٠ فرد فى هذه الحالة) كمعيار آمن لتصنيف العائل كفرد متطفل عليه تطفلاً متزايداً.

هناك معيار آخر approach مبنى على المقارنة المباشرة لتوزيع أحجام الحضنة فى الحقل مع تلك المتحصل عليها من عدد من الغرزات يمكن ضبطه فى المعمل. ويعتبر الإنحراف المعنوى لأحجام حضنة الحقل عن توزيع أحجام الكتلة الناتج عن غرزة واحدة فقط فى المعمل هو نتيجة لحدوث تطفلاً متزايداً فى الحقل. والأكثر من هذا فإن العوائل فى الحقل التى تحمل أحجام كتلة يفوق الحد الأعلى لحجم الكتلة المتحصل عليه من غرزة واحدة فى المعمل (يستعمل كقيمة للحد الحرج) تعتبر عوائل متطفل عليها تطفلاً متزايداً.

وأخيراً يمكن القول أنه بالنسبة لأنواع الطفيليات الجماعية التى لا تضع عدد ثابت من البيض فى كل غرزة واحدة، تمثل قيم الحد الحرج أفضل المعايير الممكنة لتحديد حدوث وتكرار التطفل المتزايد فى الحقل.

إيكولوجياً، وسلوك، وفسيولوجيا الطفيل

أ- الوقت كعامل محدد Time limitation

يكون الوقت مشجعاً لحدوث التطفل المتزايد عندما تكون كثافة العائل منخفضة مقارنة بكثافة الطفيل. وقد تكون محدودية العوائل المتاحة عاملاً قاطعاً وباتاً لقرارات وضع البيض بالنسبة لإناث الطفيليات فى الحقل، وبصفة خاصة عندما تكون الفترة الممكنة لوضع البيض قصيرة، إما بسبب قصر فترة وضع البيض أو قصر فترة حياة الطفيل. تكون التجارب الحقلية ضرورية ولازمة للوقوف على الإستراتيجية التناسلية reproductive strategy للطفيل بسبب أن التجارب المعملية لا تحاكى تماماً الظروف التى تواجه الطفيل السارح فى الحقل، لكن للأسف يندر وجود مثل هذه التجارب الحقلية. وسوف يناقش هنا ثلاث حالات تؤكد ديناميكية نسبة العائل إلى الطفيل مع تقدم الموسم، وإنخفاض معدل ملاقاة العائل، وإختلاف إمكانية الوصول إلى العائل فى المراحل المختلفة من نمو النبات.

الحالة الأولى خاصة بالطفيل الجماعى *Pteromalus puparium* وعائله من عذارى حشرة *Papilio xuhtus* والتى تكون قابلة لمهاجمة الطفيل لأيام قليلة فقط بعد التعذير. أوضحت الملاحظات المباشرة فى الحقل أن التطفل المتزايد يحدث متأخراً فى الموسم عندما تكون كثافة تعداد الطفيل عالية مما يؤدى إلى إنخفاض نسبة العائل إلى الطفيل وندرة وجود العوائل غير المتطفل عليها. وقد يكون من المفيد لهذا الطفيل الجماعى أن يضع عدداً أكبر من البيض فى كل عذراء فى نهاية الموسم حيث يكون هناك نقص فى عدد العوائل غير المتطفل عليها بصرف النظر عن زيادة نسبة الموت بين ذرية الطفيل.

ويتعلق **المثال الثانى** بالطفيل الجماعى الداخلى التطفل *Cotesia glomerata* الذى يهاجم اليرقات الصغيرة من أبى دقيق الكرنب *Pieris* spp. مثل النوع *P. brassicae* الذى يتغذى على نبات الكرنب. لوحظ قصر فترة حياة الطفيل تحت الظروف الحقلية إذ تتراوح من ٣-٥ أيام وتكون كثافة مجموعات عائله *Pieris brassicae* على محاصيل الكرنب منخفضة. على سبيل المثال تتواجد مجموعة واحدة من ٧-١٥٠ يرقة على نبات واحد من كل ٢٠٠ - ٣٠٠ نبات كرنب. كذلك فإن المواد المتطايرة التى تنبعث من نبات الكرنب بعد مهاجمة اليرقة له تكون جاذبة للطفيل خلال فترة قصيرة جداً من الهجوم. ويندر أن تتقابل إناث الطفيل السارحة مع نباتات مصابة فى وسط بيئى مملوء بعديد من النباتات السليمة خلال فترة حياتها القصيرة (٣ أيام). تمضى كوامل إناث الطفيل وقتاً كبيراً فى البحث عن عوائلها ويميل العامل المحدد هنا إلى أن يكون الوقت أكثر من البيض كعامل محدد فهى تخرج ككوامل حاملة لكمية كبيرة من البيض وحيث أنها من الأنواع المستمرة وضع البيض synovigenic، فإنها تستمر فى إنتاج بيضها خلال فترة حياتها. عند أخذ كل هذه الأمور الإيكولوجية والفسيولوجية فى الإعتبار، يكون التطفل المتزايد فى حالة هذا الطفيل هو الوسيلة الفاعلة لتعظيم نسله فى وحدة الزمن فى وسط بيئى يكون نسبة العوائل إلى الطفيليات منخفضة وعندما يستنفذ التقابل مع عائل مناسب وقتاً طويلاً. وقد إرتفعت نسبة التطفل المتزايد فى الحقل بالنسبة لهذا الطفيل إلى ٢٠-٣٠%.

أوضحت الدراسات الحقلية الحديثة أن حدوث التطفل المتزايد فى أنواع الطفيليات الجماعية يمكن أن لا يرتبط بكثافة العائل فقط بل أكثر دقة بإمكانية الوصول إلى العائل host accessibility. ويظهر أن هذا المعيار ذو أهمية معنوية فى العوائل نباتية التغذية التى تنخر إلى أعماق متفاوتة فى أنسجة النبات. **أما الحالة الثالثة** فقد لوحظت فى نظام يتكون من الحفار *Hypothenemus hampei* (Scolytinae) الذى يتغذى على كل أطوار نمو النبات وطفيله الداخلى الجماعى

Phymastichus caffea (Eulophidae). يعيش الطفيل لفترة قصيرة من ٢-٣ يوم تحت ظروف المعمل المثالية ومع وفرة الغذاء. يضع هذا الطفيل تحت الظروف المعملية بيضتين بصفة منتظمة داخل جسم عائله، إحداها ذكراً والأخرى أنثى. يُحدد التطفل المتزايد فى هذا النظام، عندئذ بأحجام الكتلة فى كل عائل يزيد فيه عدد البيض عن إثنين كقيمة للحد الحرج. فى النباتات الحديثة، تتواجد العوائل فى المنطقة السطحية exocarp حيث يسهل الوصول إليها بواسطة الطفيل، بينما فى النباتات المتقدمة عمراً والتى تحفر فيها اليرقات بعمق تكون العوائل فى المنطقة الداخلية endocarp حيث تكون أكثر حماية من الطفيليات. ولذلك فبالرغم من عدم حدوث التطفل المتزايد فى حالة النباتات المسنة، فإن هذه الظاهرة تكون شائعة الحدوث فى النباتات الحديثة. وبذا يمكن القول أن التغيرات فى مراحل نمو النبات يتماشى مع نسبة العوائل المتاحة للطفيليات السارحة من خلال سهولة الوصول إليها. ويعتبر التطفل المتزايد صفة متماشية adaptive مع هذا الطفيل قصير العمر بسبب أن تكرار وضع البيض فى عوائل سهلة الوصول إليها يستغرق وقتاً أقل من البحث عن عوائل جديدة.

تؤكد هذه النماذج الثلاث أن التطفل المتزايد يحدث على المستوى الحقلى ecosystem level كما يمكن أن يصل إلى معدلات ملحوظة تعتمد على معايير مختلفة لنظام التغذية الثلاثية tritrophic level متضمناً نسبة العائل إلى الطفيل ومراحل نمو العائل النباتى الذى يتغذى عليه الحشرة العاشبة.

ب- البيض كعامل محدد Egg Limitation

لم ينل البيض كعامل محدد وتبعات تأثيره على حدوث التطفل المتزايد من الدراسات النظرية أو التجريبية حظاً مثل عامل الوقت وتأثيره على هذه الظاهرة. يفترض النموذج النظرى theoretical model بأنه لو أن عدد البيض الذى يمكن أن تضعه الأنثى محدوداً فعليها أن تقبل العوائل المتطفل عليها حتى يصل عدد البيض المتبقى إلى العدد الحرج ، والذى أدناه يجب أن تقبل الإناث العوائل غير المتطفل عليها فقط. لذلك فمن المتوقع الرفض المتكرر للعوائل المتطفل عليها عندما يكون الإمداد البيضى egg supplies منخفضاً. أوضحت محاولات التجارب المعملية مع الطفيل الجماعى ذو العدد المحدود من البيض *Telenomus fariai* أن معظم العوائل التى تم التطفل عليها رُفضت بواسطة الإناث المدربة (ولكن ليس بواسطة الإناث الساذجة غير المدربة Naive female). وبناء على ذلك فمن المتوقع أن يكون التطفل المتزايد فى الحقل نادر الحدوث على فرض تواجد إناث ساذجة غير مدربة. ومع ذلك يحتاج الأمر لدراسات تأكيدية.

جـ- تمييز العائل وقبوله Host discrimination and acceptance

يفترض النموذج النظرى بأن تجنب أو قبول أنثى الطفيل وضع البيض فى عائل سبق التطفل عليه يعتمد على الفوائد والعائد النسبي الناتج عن وضع البيض، إلا أن الدراسات التى أجريت على أنواع الطفيليات الجماعية والتى تتناول بالمناقشة التجنب المحتمل للتطفل المتزايد والمبنى على تعليم العائل host marking المعروف بالنسبة للطفيليات الإنفرادية قد مالت إلى تجاهل إختلافاً جوهرياً بين الطفيليات الإنفرادية والأخرى الجماعية.

ففي الأنواع الإنفرادية، سوف يكون للتطفل المتزايد تبعات مميتة لا يمكن تجنبها بالنسبة لكل أفراد النسل عدى فرد واحد منه يعيش على أو داخل فرد واحد من العائل. وعلى العكس من ذلك، ففى الطفيليات الجماعية، يكون لعديد من أفراد الحضنة فرصة كبيرة فى أن تعيش بصرف النظر عما إذا كانت الطفيليات النامية ناتجة عن غرزة واحدة فقط أو أكثر من غرزة بآلة وضع البيض. ولذا تكون ميكانيكيات تجنب التطفل المتزايد عالية دائماً فى الطفيليات الإنفرادية، لكنها متوسطة أو منخفضة فى الأنواع الجماعية على فرض قصر الفترة بين كل غرزة وأخرى. ومع زيادة تلك الفترة، يتناقص عدد النسل الناتج من الكتلة الثانية التى يمكنها أن تنمو بنجاح على عوائل متطفل عليها تطفلاً متزايداً. لذا فإن قبول عوائل تحتوى حضنة متقدمة فى السن old brood لغرزة ثانية يكون إختيار غير أمثل لأنثى الطفيل، بصفة خاصة فى ظل القيود الفسيولوجية كما سيتضح فيما بعد.

لو أن التطفل المتزايد إختيار غير محبب بالنسبة لأنثى الطفيل الجماعى الباحثة عن عائل، فإن قدرتها فى التعرف على العائل المتطفل عليه قبل غرز آلة وضع البيض يكون مرغوب فيه. سجل إختيارين رئيسين للأنثى لتقييم مخاطر التطفل المتزايد. أولها أن الأنثى يجب عليها أن تتتبع detect وتستغل use وجود أنثى من نفس نوعها إذ سيؤدى هذا إلى الحصول على معلومات عن احتمال حدوث تطفل متزايد من أنثى من نفس النوع. وثانيها أن الأنثى يجب أن تستشعر مباشرة أن العائل سبق التطفل عليه وهذا سيتبعه معلومات عن نوعية العائل (متطفل عليه أو غير متطفل).

من المتوقع نظرياً أن حضنة الأنثى التى تتطفل تطفلاً متزايداً تدخل فى منافسة ليست فى صالحها مع نسل الأنثى القادمة أولاً first comer female. فى أنواع الطفيليات الجماعية، غالباً ما تكون يرقات الأنثى الثانية second comer female خارج المنافسة مع يرقات الكتلة الأولى الأقدم عمراً والتى تكون قادرة على إستنفاذ جزء كبير من مصدر الغذاء، ولكن ليس بالضرورة أن

تكون القادمة الثانية من إناث الطفيل هى الخاسرة دائماً. فى بعض الأنواع، لكى تقلل أنثى طفيل من مخاطر التطفل المتزايد بأنثى من نفس النوع بعد وضع البيض الخاص بها تلجأ إلى ما يعرف بسلوك قتل البيض ovicide، حيث تحطم القادمة الثانية من الإناث بيض القادمة الأولى. يتوقع النموذج النظرى الخاص بالأنواع الجماعية أن ظاهرة قتل البيض تحدث إذا كان الوقت اللازم لقتل البيض قصيراً أو إذا تزايدت أعداد العوائل ومرات الزيارة أو لو كانت فرصة المنافسة بالنسبة للكتلة الأولى عالية. وتتوافق الظواهر التجريبية المتحصل عليها من الطفيل الخارجى *Bracon hebetor* مع التوقعات الرئيسية لهذا النموذج. يكون إهلاك البيض محبباً بدرجة كبيرة، بصفة خاصة، عندما تتزايد نسب الطفيل إلى العائل (أى عندما تكون المنافسة على العائل حادة). من الملاحظ أنه لا يوجد من إناث الطفيليات الخارجية ما يقتل البيض الخاص به، بالرغم من أنه قد لوحظ أن الإناث تقومَ بجسه probing. بالنسبة للطفيليات الداخلية، فقد أوضحت تجربة ناجحة لتوضيح ظاهرة قتل البيض حدوثها فى الأنواع الإنفرادية وليس بعد فى الأنواع الجماعية.

لوحظ لأول مرة نشاط قتل البيض من جانب الأنثى القادمة الثانية فى الطفيل الإنفرادى الداخلى للذباب الأبيض *Encarsia Formosa*. لوحظ أن الأنثى الثانية أى التى تتطفل تطفلاً متزايداً تقتل البيض السابق وضعه بواسطة الأنثى الأولى وذلك عن طريق وخز البيض بآلة وضع بيضها وهى داخل العائل قبل وضع البيض الخاص بها. مثل هذا السلوك فى كل من الطفيليات الداخلية الإنفرادية والجماعية يحتاج إلى تأكيدات بسبب صعوبة ملاحظتها.

وفى النهاية، فإن سلوك قتل البيض بواسطة الأنثى التى تتقابل مع عائل سبق التطفل عليه تؤكد على أن التطفل المتزايد لم يكن دائماً ضد مصلحة الأنثى القادمة ثانية ونسلها. الأكثر من ذلك، أنه قد يكون ضد مصلحة الأنثى القادمة أولاً حيث يقتل نسلها. إن تجنب مثل هذه العملية يجب أن يحدث على مستوى كوامل الطفيليات المتنافسة بناء على الميزة النسبية لها من اللجوء للتطفل المتزايد.

هناك قليل من المعلومات تتعلق بإناث الطفيليات الجماعية التى تعطى الإختيار بين عوائل سبق التطفل عليها بنفس الأنثى self parasitoidism وتلك التى تم التطفل عليها بواسطة إناث من نفس النوع conspecific females. على العكس من إناث الطفيل *Bracon hebetor* التى تظهر سلوكاً فى التمييز، فان إناث الطفيل *Trichogramma evanescens* لا تظهر أى تمييز بين هذين الإختيارين. كذلك لا تستطيع إناث الطفيل *Cotesia glomerata* أن تتجنب مهاجمة ووضع البيض فى العوائل المتطفل عليها بها أو بغيرها من إناث نوعها بالرغم من قدرتها على التميز بين

العوائل السليمة والمتطفل عليها. فى تجارب الإختيارات المزدوجة لوضع البيض dual choice لم يظهر تفضيل معنوى للعوائل السليمة على المتطفل عليها بصرف النظر عما إذا كان للإناث خبرة سابقة من عدمه. وفى النهاية يمكن القول أنه يوجد تمييز للعائل فى الأنواع الجماعية، لكن الإشارات التى يمكن للأنثى الثانية أن تتبعها detected signals لا يمكن أن تمنع تماماً التطفل المتزايد، ولو أن هذه المنبهات cues تؤثر على كتلة بيضها من ناحية الحجم والنسبة الجنسية كما سيأتى ذكره بعد.

بالرغم من أن ميكانيكيات تمييز العائل تعتبر بدرجة كبيرة ذات طبيعة كيميائية، إلا أن تعريف مكوناتها النوعية الخاصة لم تعرف تماماً. وجدت إختلافات كمية وليست نوعية بين المواد المتطايرة volatile profiles المنبعثة emitted من نباتات الكرنب والناتجة عن تقيؤات يرقات أبى دقيق الكرنب *P. brassicae* المتطفل عليها وغير المتطفل عليها. وهذا يوضح أن هناك تداخلات كيميائية ثلاثية التغذية tritrophic interactions وليست ثنائية تتوسط mediate تمييز العائل بالنسبة لإناث الطفيل *Cotesia glomerata* فى هذا النظام. وبالإضافة إلى الإشارات الكيميائية فهناك ميكانيكيات أخرى لتمييز العائل يمكن أن تتناول بالدراسة وتفتح مجالاً واسعاً لدراسات أخرى. يمكن للطفيليات الخارجية التطفل أن تستخدم المنبهات البصرية visual cues لتتبع أطوار الطفيل غير الكاملة على جسم العائل. يمكن أن تستغل الطفيليات التى تميت عوائلها idiobiont parasitoids منبهات الحس الميكانيكية فى تمييز العوائل المشلولة فعلاً already paralyzed، وهى العوائل غير المتحركة التى سبق مهاجمتها بواسطة طفيل آخر. ويمكن أن تستعمل الطفيليات الداخلية المنبهات الإهتزازية vibrational cues كتلك التى تستخدم بواسطة طفيليات عائلة Ichneumonidae لكى تتقابل locate مع عوائلها المختبأه concealed فى مادة ما substrate أو تتقابل مع نسل طفيل مختبأ فى جسم عائل. يتطلب الأمر دراسة أبعد للوقوف على سلوك الطفيل تحت ظروف إختيارات مختلفة، ولتوضيح المنبهات المستخدمة بواسطة أنواع الطفيليات الجماعية لتقدير نوعية العائل للتطفل المتزايد.

حجم الكتلة، وحجم النسل، والنسبة الجنسية
Clutch size decisions offspring size and sex ratio

تم التركيز بدرجة كبيرة من الاهتمام، على حجم الكتلة فى الطفيليات، مع دراسات حديثة قليلة تركز بوضوح على التطفل المتزايد فى الطفيليات الجماعية. توضح التوقعات النظرية أن:

١- الأنثى الثانية لابد أن تضع كمية من البيض أقل من الأنثى الأولى.

٢- يتناقص قليلاً الفرق فى حجم الكتلة مع تزايد إحتمال التطفل المتزايد.

تتماشى التقارير المتعلقة بثلاث أنواع من الطفيليات الجماعية من جنس *Cotesia* مع التوقع الأول، حيث يكون متوسط قيم أحجام الكتلة فى الغرزة الأولى (مقدراً بعدد كوامل النسل الناتج) أعلى بصفة دائمة عن تلك فى الغرزة الثانية، وبسبب أن هذه المحاولات قد أجريت فى المعمل، فإن عدد مرات الغرز يمكن عدها مباشرة.

يمكن أن يختبر التوقع الثانى تحت وجود أكثر من أنثى فى وقت واحد. عندما يتزايد عدد الإناث المهاجمة لعائل واحد، فإن متوسط عدد النسل الناتج للأنثى الواحده يتناقص.

فى الطفيليات الجماعية، يؤدى التطفل المتزايد إلى إنتاج عدد أكبر فى المتوسط من النسل لكنها تكون ذات أحجام أصغر. فى يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* المتطفل عليها *بالطفيل* *Cotesia glomerata* والتى تم جمعها من الحقل، وجد علاقة سالبة بين الوزن الجاف لجسم الطفيليات الناتجة وعدد النسل الناتج سواء بالنسبة للذكور أو الإناث. تعانى الإناث من النسل الناتج، بدرجة كبيرة، من منافسة إناث النوع الواحد conspecific داخل العائل الواحد أكثر من الذكور. وللمقارنة فإنه بعد غرزة واحدة فقط، وجدت نفس العلاقة بين زيادة حجم الحضنة وتناقص حجم الأفراد الناتجة بالنسبة للطفيل الجماعى خارجى التطفل *Goniozus* (Bethylidae) *nephantidis*. يتناقص بشدة حجم كوامل الإناث من النسل مع حجم الحضنة (مقدراً بعدد البيض الذى فقس)، بينما حجم الأفراد الذكور من النسل قد تأثر بدرجة أقل. أستخدم حجم كوامل الحشرات (معبراً عنه بكتلة الجسم أو طول الصدر) كبديل عن لياقتها. فى دراسة عن اللياقة فى الطفيلين *Cotesia sesamiae* و *Cotesia flavipes* حددت القدرة التناسلية الكامنة total potential fecundity بتشريح إناث النسل وعد البيض فى مبايضها ovarian eggs ووجد أنه بالرغم من أن خمس غرزات قد أدى إلى إنخفاض معنوى في القدرة التناسلية الكامنة للنسل مقارنة بغرزة واحدة فقط، إلا أن الإختلافات كانت أقل وغير معنوية بعد عدد أقل من الغرزات (غرزتين).

النسبة الجنسية sex ratio

تقترح نظرية هاميلتون للمنافسة التزاوجية المحلية local mate competition (هاميلتون سنة ١٩٦٧) أن النسبة الجنسية الأولية primary sex ratio تكون فى صالح الإناث (نسبة منخفضة من الذكور أثناء وضع البيض) فى تلك الأنواع التى يتنافس فيها أبناء الآباء مع بعضهم من أجل التزاوج. وفى ظل هذا النموذج من الإنتحاب الطبيعى ، فإن إناث الطفيل الخارجى الجماعى *Nasonia vitripennis* (Pteromalidae) تضبط النسبة الجنسية لكتلتها وفقاً لما إذا كانت هى القادمة

الأولى أو الثانية للتطفل على العائل. تنتج القادمة الأولى – وبتحيز – أنثى قوية strong daughter، أما القادمة الثانية فإنها تضبط نسبة الذكور وفقاً للدرجة النسبية للمنافسة التزاوجية المحلية. وفى نفس النظام، فإن الإناث التى تتطفل تطفلاً متزايداً لا تغير من النسبة الجنسية للنسل مع تغير الظروف البيئية الاجتماعية.

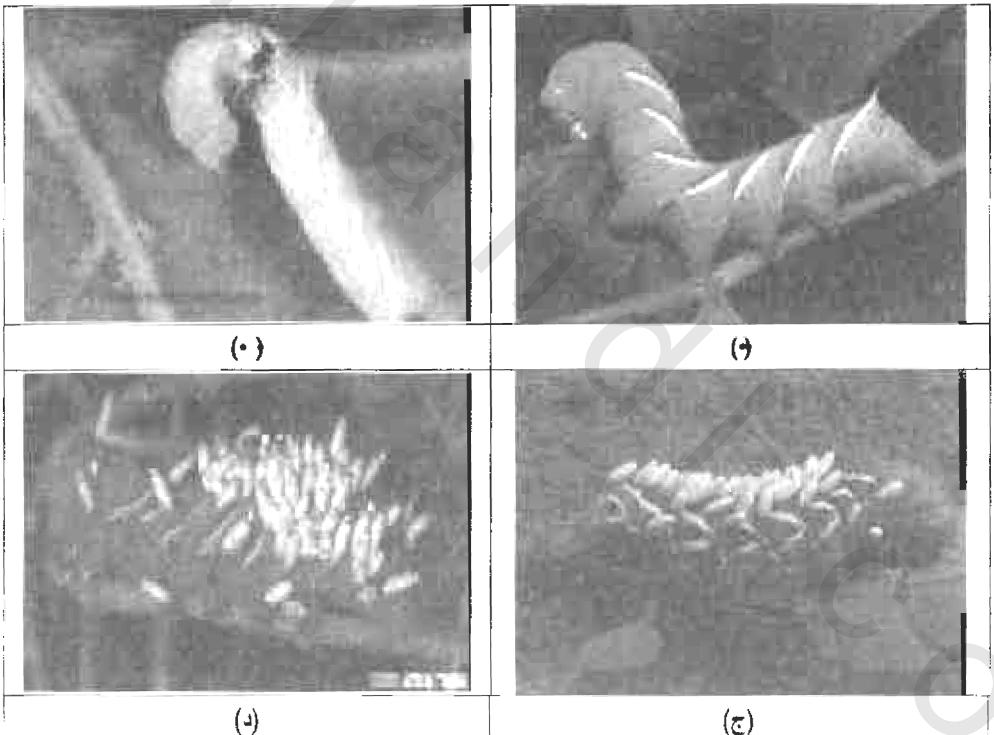
وبصرف النظر عما إذا كانت الأنثى المتطفلة تزايدياً بمفردها أو محاطة بإناث أخرى من نفس النوع، فان النسبة الجنسية الثانوية (نسبة الذكور للعدد الكلى من النسل الناتج) تبقى ثابتة وتكون فى صالح الإناث بدرجة أقل مقارنة بنسبتها فى حالة إذا ما تعرض العائل إلى غرزة واحدة single oviposition مؤكدة بذلك التوقع النظرى السابق. وعلى ذلك فان إناث الطفيليات الواضعة للبيض تضبط النسبة الجنسية عند وضع البيض بناءً على المنبهات المنبعثة من العائل وليس بناء على المنبهات والمشعرات التى تخرج من الإناث الموجودة بالمكان. يقوم الطفيل الجماعى *Telenomus fairai* والذى يتطفل تطفلاً متزايداً بضبط جنس النسل عن طريق إنتاج ذكر واحد فى كل كتلة بيض clutch وعند اللجوء للتطفل المتزايد، فإنه ينتج عدد قليل من الإناث. وعلى ذلك، تزداد النسبة الجنسية الثانوية مع زيادة عدد وخزات وضع البيض فى العائل.

كثافة العائل Host density

تلعب كثافة العائل وكذلك نوع العائل host species وجودة العائل host quality دوراً ملموساً فى تحديد النسبة الجنسية للطفيليات الخارجة من العوائل التى تم التطفل عليها تزايدياً. كان هناك زيادة فى النسبة الجنسية الثانوية (نسبة الذكور) مع زيادة تكرار عملية التطفل المتزايد وحجم الحضنة فى الطفيل الجماعى *Cotesia glomerata* تحت الظروف الحقلية، وكذلك تحت الظروف المعملية للطفيل *Aphaerta minuta*. سجلت نسبة جنسية ثانوية عكسية فى حالة الطفيل الجماعى *Bracon hebetor* والطفيل *Nasonia vitripennis* حيث قلت نسبة الذكور مع زيادة حجم الحضنة والتطفل المتزايد، بينما لم تتغير النسبة الجنسية من النسل الناتج من عوائل تم غرزها بغرزة واحدة أو المتطفل عليها تزايدياً فى الطفيل *Trichogramma evanescens*. توضح هذه الأمثلة علاقة نوعية خاصة بين النسبة الجنسية وحجم الحضنة فى الأنواع الجماعية التى تتعرض للتطفل المتزايد.

تعتبر الفترة اللازمة للنمو من البيضة حتى الحشرة الكاملة فى الطفيليات من المعايير الهامة عند تحديد لياقة الطفيليات. تكون فترة النمو فى الطفيليات الداخلية مطاطة فى عديد من الطفيليات

الجماعية كما فى حالة الطفيل *Cotesia glomerata*. تختلف الفترة الممتدة من وضع البيض وحتى خروج اليرقات التامة النمو larval egression من العائل أوخروج الحشرات الكاملة للطفيل adult emergence تبعاً لعدد أفراد الطفيل داخل الفرد الواحد من العائل. يعتبر الطور الذى يتوقف فيه نمو العائل خاص بكل نظام عائل مع طفيله each-host-parasitoid system، وعادة ما يكون ذو ملامح واضحة على مستوى الجنس لمجموعة معينه من الطفيليات. فى حالة الطفيليات من جنس *Cotesia* التابعة لعائلة Braconidae فإنها توقف نمو عوائلها التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة خلال الطور اليرقى وقبل بداية التشكل metamorphosis. وفى حالة النظام المكون من الطفيل الجماعى *Cotesia congregata* المتطفل على العائل *Manduca sexta* من حرشفية الأجنحة يحدد العمر اليرقى الأخير للعائل بعاملين أولهما هو العمر اليرقى للعائل الذى تعرض للتطفل، والثانى هو عدد أفراد الطفيل النامية داخل يرقة العائل (شكل ٣:٤٣).


(أ) (ب) (ج) (د)

شكل (٣:٤٣) يرقة العمر الخامس حشرة *Manduca sexta* (أ) وطفيل *Cotesia glomerata* أثناء وضع البيض داخل يرقة العائل (ب)، ويرقات الطفيل تامة النمو عند خروجها من يرقة العائل (ج)، وشرانق الطفيل على يرقات العائل (د).

لقد تم تسجيل عدة أشكال مختلفة من نمو العائل فى حالة الطفيل *Cotesia congregata* بناءً على العمر اليرقى الذى تم التطفل عليه سواء كان العمر الأول أو العمر اليرقى قبل الأخير (العمر الرابع). بعد غرزة واحدة فقط فى العمر اليرقى الأول للعائل، تخرج يرقات الطفيليات التامة النمو من العمر اليرقى الثالث أو الرابع للعائل. أما عند التطفل المتزايد بحوالى ٢٠٠ فرد من الطفيل أو أكثر داخل العائل، فان اليرقات التامة النمو للطفيل تخرج من يرقات العمر اليرقى الأخير (العمر الخامس) للعائل أو من العمر اليرقى الإضافى supernumerary instar (العمر السادس). على العكس من ذلك، فعند وضع البيض فى العمر اليرقى الرابع سواء كان فى غرزة واحدة أو فى عديد من الغرزات، فإن خروج اليرقات التامة النمو للطفيل تكون من العمر اليرقى الأخير (الخامس) ونادراً ما يحدث خروج لليرقات خلال العمر اليرقى السادس (الإضافى) تحت ظروف التطفل المتزايد الشديد، وعلى ذلك فان فترة نمو الطفيليات داخلية التطفل تكون أكثر ثباتاً وأقل تذبذباً عند حدوث التطفل على الأعمار اليرقية المتقدمة فى العمر مقارنة بالإختلاف الذى يحدث فى الفترة من وضع البيض وحتى خروج اليرقات عند التطفل على الأعمار اليرقية صغيرة العمر. وبالتالى فان التطفل المتزايد غالباً ما يصاحبة إمتداد فى فترة النمو development time مقارنة بنمو الأطوار غير الكاملة الناتجة من غرزة واحدة single oviposition لآلة وضع البيض.

نخلص من ذلك أن إستراتيجية التطفل المثلى لأنثى طفيل جماعى مثل *C. congregata* يجب أن نتوقع أنها تختلف بناء على المتاح من يرقات العائل الأصغر عمراً مقابل يرقاته الأكبر عمراً فى مكان معين. عنما تكون العوائل صغيرة العمر، فإنه غالباً ما يشاهد نمو يرقى سريع بعد وضع البيض خاصة عند وضع عدد قليل من البيض داخل كل العائل. أما عندما يكون العائل متقدم فى العمر وبالتالى أكبر حجماً، فإن وضع عدد أكبر من البيض فى كل غرزة وكذلك حدوث التطفل المتزايد تصبح هى الإستراتيجية الأفضل وذلك لأن فترة النمو تبقى ثابتة بصرف النظر عن حجم الحضنة داخل العائل. وبالتالى فمن المتوقع أن وضع عدد أقل من البيض فى العائل الواحد عندما تكون اليرقات الحديثه العمر متاحة بدرجة كبيرة فى بداية الموسم هى الإستراتيجية الأفضل لهذا الطفيل. أما فى نهاية الموسم فإن التطفل المتزايد يكون هو الإستراتيجية الأفضل عندما تتواجد يرقات العائل بعدد أقل لكن فى حجم أكبر بسبب أن العوائل كبيرة الحجم تحتوى على كميات كبيرة من الغذاء تكون كافية لنمو عدد أكبر من يرقات الطفيل.

غالباً ما تعتمد الطفيليات عند تقديرها لجودة وعمر العائل على حجم العائل حيث وجد أن جودة العائل تزداد بزيادة حجمه. وعلى الرغم من ذلك، هناك بعض الحالات الشاذة عن ذلك، والتى لا تعتمد فيها الطفيليات على حجم العائل لتقدير جودته. من المتوقع، بصفة عامة، أن يكون

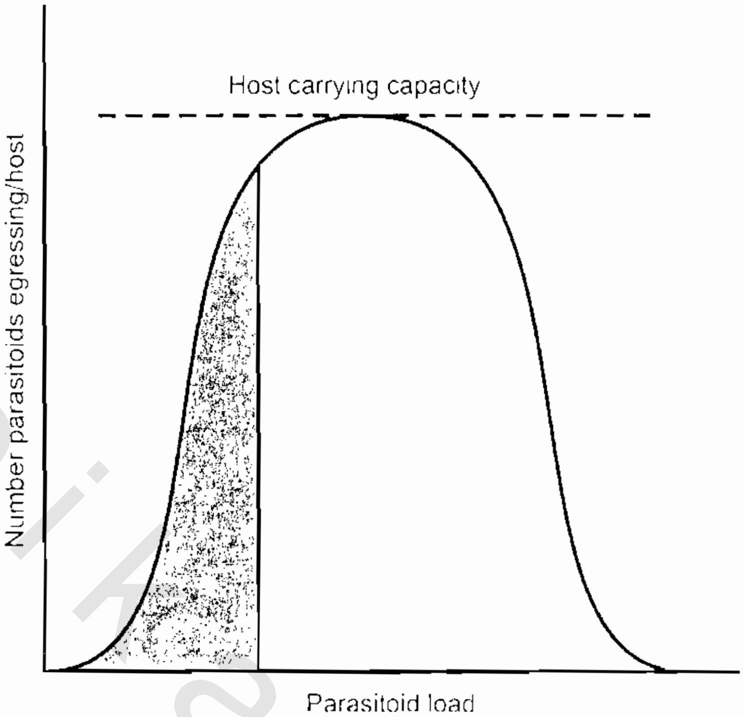
العائل كبير الحجم ذا ميزة أكثر من العائل صغير الحجم ممثلاً ذلك فى إنتاج نسل من الطفيل ذو لياقة عالية نتيجة لاحتوائة على كمية كبيرة من المواد الغذائية. تدعم هذه الدراسات التوقعات السابقة فى أن التطفل المتزايد يجب أن يكون أكثر تكراراً حتى تحت الظروف الحقلية، عند توفر العوائل بعدد أقل لكن بحجم أكبر.

تأثير الجماعية والتطفل المتزايد على نسبة موت الذرية

تعتبر نسبة بقاء الأطوار غير الكاملة وحتى الوصول إلى طور الحشرة الكاملة، مثلها مثل حجم النسل وطول فترة النمو، من مقاييس اللياقة الهامة فى الطفيليات الحشرية والتى تعتمد جميعها على جودة العائل. تقدم الدراسات المعملية الفرصة فى الوقوف على العوامل الفسيولوجية الهامة واللازمة للتطفل الناجح بدرجة أعمق من الملاحظات الحقلية وحدها. بعد خروج يرقات الطفيل من العائل، غالباً ما أظهرت عملية تشريح يرقات حرشفية الأجنحة العائلة وجود بعض من يرقات الطفيل متبقية داخل تجويف دم العائل. وفى هذه الحالة يتم تعريف حمل العائل من الطفيل parasitoid load على أنه مجموع اليرقات الخارجة egressed larvae واليرقات التى لم تخرج non-egressed larvae من يرقة العائل. وعلى ذلك فإن مصطلح النسل الناجح successful brood يشير إلى عدد الطفيليات الداخلية التى تنجح فى الخروج من العائل. يتضح مما سبق أن الدراسات التى تعتمد على عدد الأفراد التى تخرج من العائل كمؤشر لحجم الحضنة داخل العائل أهملت تأثير الأشقاء التي لم تنجح في الخروج من العائل مما يؤدي إلى إستنتاج نتائج غير دقيقة. وعموماً فإن الدراسات التي تدرس ظاهرة الجماعية تكون مجهدة للباحث وتحتاج لوقت طويل لأنها تهتم بمئات الأفراد من الطفيل التى تخرج من العائل الواحد.

تكون العلاقة بين عدد الأفراد التى تخرج من العائل فى الطفيل *Cotesia congregata* من النوع القطعّي المكافئ parabolic shape (شكل ٣: ٤٤) وتكون العلاقة موجبة وخطية فى الحالات التى يتم فيها وضع البيض لمرة واحدة أو بعدد قليل من المرات. يزداد عدد الحضنة داخل العائل بزيادة عدد مرات وضع البيض داخل العائل number of oviposition. هناك أدلة تجريبية دقيقة على أن وضع البيض بواسطة أنثى الطفيل فى عائل سبق التطفل عليه ربما يزيد من الإقتدار التناسلى reproductive potential لفرد الطفيل. فى حالة يرقة العائل *Manduca sexta*، فإن السعة الحملية carrying capacity لليرقة (عند التطفل عليها فى العمر اليرقى الرابع) تكون تقريباً ٢٠٠ فرد طفيل، وعند الزيادة عن ذلك العدد عن طريق إستمرار وضع البيض تقل فرصة نجاح حضنة الطفيل في الخروج وينخفض العدد إلى الصفر عندما يصل حجم حضنة الطفيل داخل

برقة العائل إلى ٨٠٠ فرد طفيل. وعلى ذلك فإن بقاء نسل الطفيل هنا يمكن تعظيمة maximize تحت شروط التطفل المتزايد المتوسط الشدة وليس تحت ظروف التطفل المتزايد الأقصى.



شكل (٣:٤٤) يوضح العلاقة بين حمل الطفيل وعدد أفراد الطفيل التى تنجح فى الخروج من العائل المتطفل عليها

الإستعاضة فى الطفيليات Trade-offs in parasitoids

تواجه الطفيليات ضرورة الإستعاضة حيث يمكنها الإستثمار بحجم الجسم أوفترة النمو. تكون الإستعاضة إما بتحقيق حجم أكبر للفرد من الطفيليات على حساب إطالة فترة النمو، أو بالنمو الأسرع على حساب الحجم الأصغر للفرد. أوضحت نظرية النمو البطئ مع نسبة موت عالية slow-growth rate- high mortality hypothesis التى طبقت فى أنظمة الطفيل والعائل host- parasitoid systems أن الإنتخاب الطبيعى يجب أن يكون فى صالح النمو السريع على حساب زيادة الحجم فى الطفيليات التى تهاجم عوائلها المكشوفة فى تغذيتها Exposed feeding hosts، وتكون الصورة عكسية فى حالة الطفيليات التى تهاجم عوائل مختبأة التغذية concealed feeding hosts. من المتوقع أن تؤثر طبيعة التغذية للعائل العاشب، الذى يكون إما معرضاً على النبات أو

مختبأ فى أنسجته، ومخاطر الإفتراس فى علاقة الطفيل مع العائل. تم تدعيم هذه النظرية بالدراسات التجريبية والمراجع العلمية فى الأدبيات المتوفرة والتى كانت محصورة كلها فى أنواع الطفيليات الإنفرادية. لكن كيف تؤثر طبيعة تغذية العائل ومخاطر الإفتراس على ضرورة الإستعاضة فى الطفيليات الجماعية، وحتى تحت ظروف التطفل المتزايد فكانت أقل دراسة. بالنسبة لأنواع الطفيليات الجماعية التى تهاجم العوائل العاشبة المكشوفة والتى تتعرض للتطفل المتزايد، فإن مخاطر الإفتراس تكون عالية مثلها فى ذلك مثل الأنواع الإنفرادية. فلو مات العائل بسبب الإفتراس قبل أن يكمل الطفيل نموه فسوف يموت الطفيل.

على هذا فان الضغط الإنتخابى selection pressure يجب أن يكون فى صالح إستراتيجية الحياة life strategy التى تدعم أولاً معيشة حضنة الطفيل حتى يصل إلى طور الحشرة الكاملة، ثم بعد ذلك الخصائص الأخرى. دعمت هذه النظرية النتائج المتحصل عليها من الطفيل *Cotesia glomerata* الذى يتطفل على يرقات أبى دقيق الكرنب المكشوفة. عندما تزايد حجم حضنة الطفيل، فى هذا النظام، من ٢٠ بيضة (فى غرزة واحدة) إلى ١٤٠ بيضة (٥ غرزات)، عانت الأفراد الإناث من نقص حجم أجسامها بنسبة ٤٠%، بينما طالت فترة ما قبل العذراء بنسبة ١٥%. توضح هذه النتائج أن الطفيل *C. glomerata*، حتى وهو تحت ظروف التطفل المتزايد، فإنه يستثمر أولاً فترة النمو وبذلك يقلل من فترة تعرضه لمخاطر الإفتراس predation risk. وعلى ذلك فان إستثمار الطفيل من أجل الوصول إلى طور الحشرة الكاملة خلال أقصر فترة نمو ممكنة أكثر من إستثماره فى إتجاه زيادة حجم الحشرة الكاملة يبدو أنه إستراتيجية تواؤمية فى هذا الطفيل ومن الممكن فى غيره من الطفيليات فى أو على عوائل مكشوفة لتقليل مخاطر الإفتراس.

لم يتم دراسة الإستعاضة بين حجم الفرد وفترة النمو فى الطفيليات الجماعية التى تهاجم عوائل مختبئة فى أنسجة النبات ربما بسبب الصعوبات التقنية فى مثل هذه الأنظمة.

دفاع العائل، والبقاء والنمو Host defense, survival and development

- **دفاع العائل Host defense**

تعتبر عملية التكبسل الدموية هى عملية الدفاع الأساسية ضد الطفيليات الداخلية. يتم وقف هذه العملية بواسطة أنثى الطفيل عن طريق حقن الفيروس Polydnavirus وكذلك السم داخل يرقة العائل أثناء عملية التطفل. تعمل هذه الإضافات على وقف عمل الجهاز المناعى للعائل إما عن طريق موت الخلايا المبرمج host heamocyte apoptosis أو بتغيير سلوك خلايا دم العائل لمنعها

من الإلتصاق ببيضة الطفيل. على هذا فمن المتوقع أن إناث الطفيليات التى تسلك التطفل المتزايد تستفيد من جرعة الفيروس والسم المحقون بواسطة الأنثى الأولى حيث أن الفيروس والسم المحقون يسبب تثبيط الجهاز المناعى immunosuppression وبالتالى لا تتعرض بيضة الأنثى الثانية لعملية التكبسل.

- **بقاء ونمو العائل Host survival and development**

لقد تم إستعمال إصطلاح Parasitoid لأول مرة عام ١٩١٣م بواسطة العالم رويتر Reuter على الطفيليات الحشرية التى تقتل عوائلها فى النهاية. توقف كل من الطفيليات التى تقتل عوائلها مباشرة idiobionts والتى تسمح بنمو عوائلها مع نموها koinobionts نمو العائل الحشرى لها، وعلى ذلك فإن الطور الذى يتم فيه توقف النمو يعتمد على شكل العلاقة بين الطفيل والعائل host-parasitoid system وغالباً ما يتوقف نمو العائل المتطفل عليه قبل تشكله وتحوله إلى طور الحشرة الكاملة المنتجة. فى حالة ما إذا كان العائل آفة، فإن التطفل سوف يقلل من جماهيرها فى الجيل التالى. سوف نأخذ فى الإعتبار الطفيليات الداخلية أولاً ثم نركز على إستراتيجيات الطفيليات الخارجية فى إيقاف نمو العائل.

تعتبر الغالبية العظمى من الطفيليات الداخلية الجماعية متغذيات، أثناء عملية التطفل، على دم العائل heamolymph feeders دون الإضرار بأنسجته. يتم توقف نمو العائل من خلال حدوث تغيير فى النظام الهرمونى للعائل والذى من خلاله يتم منع إكتمال تشكل أو تحول العائل. تستمر اليرقة أو طور ما قبل العذراء المتوقفة عن النمو فى الحياة لعدة أيام أو حتى عدة أسابيع بعد خروج الحشرة الكاملة للطفيل.تعكس هذه التغيرات الفعل المشترك لكل من هرمون الشباب juvenile hormone (JH)، وإستيرويدات الإنسلاخ ecdysteroids، والببتيدات العصبية neuropeptides والتى تعمل على خلق سيناريو غير متوافق مع إكمال النظام التقليدى لنمو العائل. وعموماً فإن معظم الطفيليات تعتبر مطوعات للعائل host conformers أو منظمات للعائل host regulators إعتماداً على إستراتيجية نمو الطفيل. هناك بعض الأنواع تظهر كلا الإستراتيجيتين خلال فترة مصاحبتها للعائل وهذا ينطبق أيضاً على الطفيليات الجماعية.

فى حالة يرقات حرشفية الأجنحة المتطفل عليها بالطفيليات الجماعية من جنس *Cotesia*، فإن الملامح الشبابية juvenilizing features فى اليرقات المتطفل عليها والتى تسبب توقف نمو

العائل ربما ترجع إلى الإرتفاع الكبير فى مستوى هرمون الشباب فى دم العائل. فى حالة يرقة *Manduea sexta* المتطفل عليها بالطفيل *C. congregate* فإن خليط من العوامل المتمثلة فى زيادة معدل التخليق البيولوجى لهرمون الشباب JH biosynethesis بواسطة جهاز الغدد الصماء الداخلية للعائل، وإنخفاض معدل هدم catabolism هرمون الشباب، وإفراز الطفيل لهرمون الشباب داخل دم العائل، تعمل جميعها معاً للحفاظ على مستوى عال من هرمون الشباب ومنع عملية تشكل العائل.

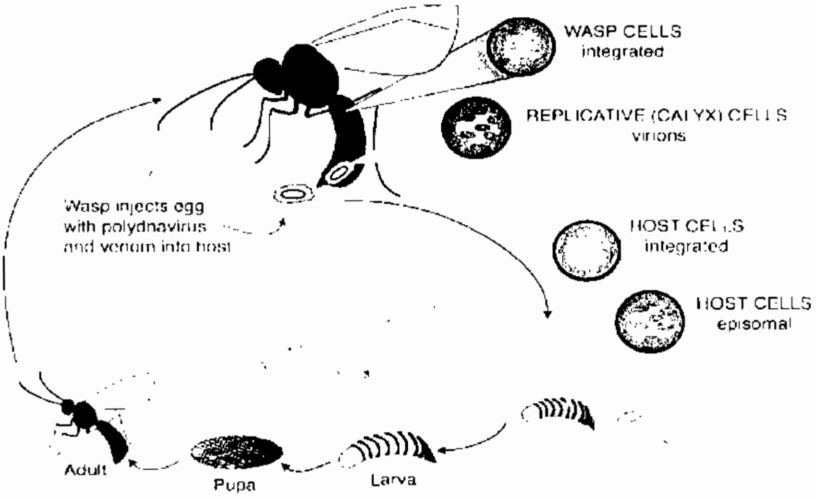
تحتوى يرقة العائل *Manduca sexta* المتطفل عليها فى العمر اليرقى الخامس (الأخير) على مستويات أعلى من هرمون الشباب بنوعيه JH I و JH II مقارنة باليرقات غير المتطفل عليها. ووجد أن المعدل العام لهرمون الشباب يتزايد فى اليرقات المتطفل عليها نتيجة إفراز هرمون الشباب من النوع الثالث JH III بواسطة يرقات العمر الثانى للطفيل داخل دم يرقة العائل. وعلى ما يبدو أن JH III هو المشابه الوحيد لهرمون الشباب الذى يفرز وينتج بواسطة طفيليات غشائية الأجنحة مثل ما تم تسجيله فى حالة الطفيل *Glyptapanteles liparidis* (Braconidae) المتطفل على يرقات فراشة الغجر *Lymantria dispar*. فى حالة حدوث تطفل متزايد، فمن المتوقع أن يبقى معدل تخليق هرمون الشباب بواسطة يرقة العائل ثابتاً، بينما تزداد الكمية الكلية لهرمون الشباب JH III والمفرز بواسطة حضنة الطفيل بدرجة متناسبة مع عدد يرقات الطفيل النامية داخل يرقة العائل.

لا يقتصر إفراز يرقات الطفيليات للهرمونات عند هرمون الشباب فقط بل تنتج وتطلق الطفيليات الداخلية النامية أيضاً إستيرويدات الإنسلاخ ecdysteroids داخل دم العائل خلال عملية الإنسلاخ اليرقى وهو ما تم توثيقه فى تجارب الربط ligation experiments فى اليرقات المتطفل عليها لدودة الدخان. وجد أن تركيز إستيرولات الإنسلاخ في دم عائل فراشة الكودلنج *Cydia pomonella* المحتوية على يرقات طفيلها الداخلي *Ascoguster quadridentuta* (Braconidae) وهي في عمرها الثاني أعلى معنوياً من تلك المحتوية على يرقات الطفيل في عمرها الأول، وأن أعلى تركيز لهذه الإستيرولات كان قبل خروج الطفيل مباشرة. تعمل الطفيليات نفسها أيضاً على تعديل نشاط غدة الصدر الأمامية prothoracic gland والتى تعمل على نظام الغدد الصماء الداخلية للعائل، وبالتالى فإن الطفيليات نفسها يمكن أن تسهم مباشرة فى مستويات هرمون العائل ويمكن أيضاً أن تعمل بطريقة غير مباشرة من خلال تنظيم عمل الغدد الصماء للعائل.

تكون العوائل المتطفل عليها والتى تحتوى على عدد وفير من الطفيليات النامية أكثر تأثراً بالمساهمة الهرمونية للطفيليات مقارنة بالعوائل المتطفل عليها بفرد واحد من الطفيل. تدعم التنظيمات الفسيولوجية لهرمونات الإنسلاخ وإستيرولات الإنسلاخ الظواهر السابقة التى توضح أنه تحت ظروف التطفل المتزايد المتوسط، فإن نمو العائل (فى نظام الطفيل *C. congregata* والعائل *M. sexta*) يتوقف فى عمره الأخير (الخامس)، بينما تحت ظروف التطفل المتزايد الشديد extreme، فإن توقف نمو العائل يحدث فى العمر اليرقى السادس الإضافى.

يتم حقن الفيروس Polydnavirus (PDNs) وكذلك السم مع بيض الطفيل داخل العائل أثناء عملية وضع البيض بواسطة أنثى الطفيل. فى النظم المكونة من الطفيليات الداخلية من عائلة Braconidae ويرقات حرشفية الأجنحة، يمكن إحداث توقف مباشر لنمو يرقات العائل بحقن الفيروس والسم التى يمكن جمعها من أنواع الطفيليات الجماعية (أو الإنفرادية) الداخلية التابعة لتلك العائلة (شكل ٣:٤٥).

تلعب خلايا التراتوسيت Teratocytes، والتى تنشأ من الغشاء فوق الجنينى extraembryonic membrane فى عائلات معينة من الطفيليات الداخلية (Braconidae, Platygasteridae, Scelionidae) والتى تتضمن الأنواع الجماعية من عائلة براكونيدى، دوراً هاماً فى التحكم فى نمو العائل. تدور تلك الخلايا فى دم العائل وتفرز بروتينات وإنزيمات وعوامل تؤثر على زيادة نمو growth، وإنشاء العائل development، وكذا فسيولوجيا تغذيته. هناك تقارير أولية أيضاً عن دور خلايا التراتوسيت كمصدر لهرمون الشباب ومنتجات إفرازية أخرى Teratocytes derived secretory products (TSP14) لها فعل مشابه لفعل هرمون الشباب فى نمو حشرات رتبة حرشفية الأجنحة. ونظراً لإمكانية تكوين مئات من تلك الخلايا من الغشاء الجنينى الواحد ليرقة الطفيل فمن المتوقع تواجد ودوران كمية كبيرة جداً من هذه المركبات الشبيهة بهرمون الشباب فى دم العائل المتطفل عليه تزايدياً.



شكل (٣: ٤٥) دورة حياة الطفيليات الحاملة للفيروس Polydnavirus. وفيها يتحد الفيروس مع جينوم كل خلايا الطفيل بما فيه البيض. يحدث تضاعف لهذا الفيروس داخل خلايا الكأس calyx cells في مبيضي الأنثى ثم تتحول حبيبات الفيروس إلى الجزئيات المعدية (الفيرون Virions) والتي عندئذ تخزن داخل قناة المبيض الجانبية. تقوم الأنثى بحقن الفيروس، السم وكذلك بروتينات أخرى أثناء وضع البيض داخل العائل والذى غالباً ما يكون يرقة حرشفية الأجنحة ثم تهاجر جزيئات الفيروس إلى نوايا خلايا العائل مثل خلايا الدم والتى عندئذ لا تتحد مع جينوم خلايا العائل episomal. تقوم تلك الفيروسات بإعاقة عملية الكبسلة وبعض العمليات الفسيولوجية داخل العائل. تحتوى بيضة الطفيل أيضاً على حبيبات الفيروس والتى عند فقسها فإنها تحتوى على الفيروس وعند إكتمال النمو وتعذير يرقة الطفيل، فإن الفيروس يتضاعف فى خلايا الكأس calyx cells ثم تخرج الحشرة الكاملة للطفيل ومعها الفيروس.

تقوم كل من الطفيليات الداخلية والخارجية بحقن السموم داخل عوائلها الحشرية أثناء التطفل. لكن معظم الدراسات التى تمت على السموم كانت منصبة على الطفيليات الخارجية والتى سوف يتم التركيز عليها فى هذا الجزء. تقوم الطفيليات الخارجية - ومنها عديد من أنواع الطفيليات الجماعية - بحقن السم قبل قيامها بوضع البيض على سطح العائل الحشرى. تعمل سموم بعض الطفيليات مباشرة على الجهاز العصبى للعائل لتغيير سلوك العائل أو وقف الحركة أو التغذية وبالتالى يضمن الطفيل عدم موت يرقاته بسبب حركة أو إنسلاخ العائل. على العكس من ذلك، فإن السموم التى لا تحدث شللاً non-paralyzing venoms، والمستخدمة بواسطة الطفيليات خاصة الداخلية منها، تحتوى على مجموعة من مشتتات الغدد الصماء الداخلية endocrine disruptors التى توقف نمو العائل من خلال ميكانيكيات هرمونية. وببساطة فإن حقن

هذه المواد سوف يؤدى إلى وقف إنسلاخ العائل. وتستغل الطفيليات الجماعية الخارجية إستراتيجية أو أخرى لتحقيق تنظيم العائل وفقاً لأنواعها.

كثير من الآليات المتعلقة بالهرمونات، والتى تعمل على إحداث توقف نمو العائل والمستحثة بواسطة سم الطفيليات، ترتكز على تعديل مستويات إستيرويدات الإنسلاخ ecdysteroids سواء المخلقة أو الناتجة من التمثيل metabolism داخل العائل والتى ربما تعمل كنظام آمن يؤكد توقف نمو العائل فى لحظة التطفل. إضافة إلى ذلك، فإن سم الطفيليات الخارجية ربما يلعب دوراً هاماً فى تغيير المحتوى الغذائى لدم العائل والذى يمكن أن تستفيد منه ذرية الإناث المتطفلة تطفلا متزايداً. علاوة على ذلك فإن الأفراد المشلولة من العائل لا تبدى سلوكاً دفاعياً ضد الإناث القادمة التى تتطفل تطفلاً متزايداً مما يزيد من إحتمال معيشة ذرية الأنثى الثانية. يكون الطفيل الخارجى *Hyssopus pallidus* (Eulophidae)، مؤهلاً تماماً لشل حركة والتطفل على دودة التفاح المتواجدة فى مركز الثمرة. تواجه الأنثى الأولى للطفيل والتى تدخل الثمرة المصابة من خلال الكأس أو النفق الذى صنعته دودة التفاح مخاطر الموت بنسبة ٢٥% وهى نسبة عالية جداً بسبب رد الفعل الدفاعى الميكانيكى للعائل. لكن نجاح القادمة الأولى من الطفيل فى الشل الكامل ليرقة عائلها يمكن أن تستفيد منه أنثى الطفيل القادمة ثانية عند التطفل المتزايد على تلك اليرقات المشلولة بواسطة الأنثى الأولى وهذا التطفل المتزايد شائع الحدوث فى هذا الطفيل بصرف النظر عن حراسة الذرية بواسطة الأنثى الأولى للطفيل.

نخلص من ذلك أن إحداث توقف نمو العائل بواسطة الطفيليات الجماعية الخارجية والداخلية يؤكد أن ذرية الطفيل المستقرة على أو داخل العائل تأخذ ما يلزمها من الغذاء كماً ونوعاً لإكمال نموها وتشكلها. فى حالة توقف تغذية العائل المتطفل عليه قبل الأوان بسبب سم الطفيل المسبب للشلل أو بسبب الجوع starvation، فإن نمو الطفيل سوف يتأثر بشدة. تحت ظروف التطفل المتزايد، في نظم معينة من نظم العائل – الطفيل الجماعى، فإنه من المسلم به أن الأنثى القادمة ثانية ربما تستفيد من الظروف الفسيولوجية والغذائية المهيئة لمعيشة ذرية الأنثى الأولى. هناك أدلة عملية على ذلك فى نظام الطفيل *C. glomerata* والعائل *P. brassicae* إذ أن أخوات الطفيل الناتجة من يرقات العائل الذى إستقبل غرزتين أو ثلاث كانت أكبر حجماً (مقدرة بالوزن الجاف للجسم) من تلك الأفراد الناتجة من يرقة العائل التى إستقبلت غرزة واحدة. لكن عند زيادة عدد مرات وضع البيض عن المعتاد (٥ غرزات) تختفى مثل هذه الميزة النسبية. يمكن أن يتسبب هذا العدد الزائد من الوخزات فى نفس العائل إلى الموت المبكر للعائل الذى يحتوى بداخله على بيض

الطفيل، وربما يرجع ذلك التأثير إلى الفعل السام toxic action الناتج من الوفرة الزائدة من الفيروس polydnavirus أو إلى سم الطفيل أو لكليهما معاً على نمو العائل وجهازه المناعى. وعلى هذا فإن التطفل المتزايد الشديد يعجل من موت العائل وكذلك حضنة الطفيل، ومثل هذه الأخطاء تكون على حساب أنثى الطفيل، لكن من المحتمل أن تكون مثل هذه الأخطاء نادرة الحدوث تحت الظروف الحقلية.

إستهلاك غذاء العائل والإنشاء Host food consumption and development

تستمر يرقات العائل المتطفل عليها بالطفيليات التى لا تقتل عوائلها مباشرة فى النمو، ولكن تستطيع طفيليات اليرقة الداخلية أن تضبط نمو العائل بما يلبى إحتياجاتها الخاصة. ترتكز معظم الدراسات الأساسية التى تتناول هذه العلاقات ثلاثية التغذية على الطفيليات الجماعية *C. glomerata* وكذلك *C. congregata* التى تنمو داخل عوائل أكبر حجماً منها بكثير متغذية على دم العائل. وعلى العكس من الطفيليات الداخلية التى تتغذى على أنسجة العائل، فإنه يجب عليها ألا تستهلك كل مصادر الغذاء المتاح لضمان بقائها. يمكن أن تدوم المصادر الغذائية المتاحة في العائل حتى ولو كانت يرقات الطفيل تحت ظروف التطفل المتزايد، لكن يمكن أن يصل المدد الغذائي إلى نهايته مع زيادة حمل الطفيل داخل العائل ما لم يستمر الإمداد الغذائي.

يمكن أن تحتوى يرقة العائل *P. brassicae* المتطفل عليها بغرزة واحدة من الطفيل *C. glomerata* على حجم من الحضنة يصل إلى ٦٢ فرداً. أما اليرقة المتطفل عليها تطفلاً متزايداً والتى تحمل حملاً قليلاً نسبياً من الطفيل فى حدود ٦٠ – ٧٠ فرداً فإن وزنها يتماثل مع وزن اليرقات السليمة غير المتطفل عليها. أما يرقات أبى دقيق الكرنب التى تستقبل حتى ٥ غرزات تواجه بمظاهر أبعد فى ديناميكية تغذيتها الثلاثية. يزداد معدل إستهلاك الغذاء بواسطة اليرقات المتطفل عليها مع عدد مرات وضع البيض بها. وكذلك يزداد وزن اليرقات المتطفل عليها تزايدياً بدرجة أسرع مقارنة باليرقات المتطفل عليها مرة واحدة على الرغم من أن كفاءة إستخدام الطاقة لا تختلف بينهما. سجلت حالة مشابهة لذلك فى عوائل الحشرة *M. sexta* المتطفل عليها بالطفيل *C. congregata*. ويرتبط الوزن النهائى ليرقات أبى دقيق الكرنب المتطفل عليها إيجابياً بعدد يرقات الطفيل *C. glomerata* الموجودة بداخل العائل. ونفس العلاقة تم تسجيلها فى العلاقة بين دودة الدخان والطفيل *C. congregata*. ويبدو أن هذا التنظيم فى إستهلاك الغذاء والنمو اليرقى بواسطة يرقة العائل لضمان إمداد يرقات الطفيل النامية بالغذاء هى عملية دقيقة تعود إلى نوع العائل.

عاشراً: التطفل المتضاعف Multiparasitoidism

التطفل المتضاعف هو مهاجمة عائل سبق التطفل عليه بواسطة أنثي ليست من نفس النوع. يمكن أن تنطبق تماماً عديد من النظريات التي ترتبط بالتطفل المتزايد على التطفل المتضاعف، بالرغم من أن الظاهرة الأخيرة قد لاقت إهتماماً أقل نسبياً. يقع الخلاف الرئيسي بين كلا الظاهرتين في أن المنافسة تكون بين طفيليات مختلفة النوع في حالة التطفل المتضاعف حيث تؤدي البيولوجيات المختلفة لكل من النوعين إلى أن يكون لأحدهما ميزة نسبية على النوع الآخر.

يكون لعديد من إناث الأنواع الطفيلية القدرة على التعرف على العائل الذي سبق مهاجمته بنوع آخر من الطفيليات، وبذا تمتنع عن التطفل عليه. سجلت أولى حالات هذه القدرة على التمييز مختلف النوع interspicific discrimination بواسطة العالم للويد Lloyd سنة ١٩٤٠ عند مشاهدته للطفيل الإيكنومونيدي *Diadegma eucerophaga* (*Angitia cerophaga*) تجنبه للعوائل (يرقات الفراشة ذات الظهر الماسي *Plutella xylostella*) التي سبق أن هوجمت بالطفيل البراكونيدي *Cotesia* (=*Apanteles*) *plutellae*. كذلك يتجنب الطفيل الإكنيومونيدي *Diadromus collaris* مهاجمة عذارى تحوي بداخلها الطفيل *D. eucerophaga*. عادة ما تكون القدرة على التمييز مختلف النوع interspecific discrimination أقل شيوعاً عن التمييز موحد النوع intraspecific discrimination. فعلى سبيل المثال، غالباً ما يتجنب كل من طفيلي الدروسوفيلا *Asobara tabida* (Braconidae)، *Leptopilina teterotoma* (Eucoilidae) عوائل متطفل عليها بإناث من نفس نوعيهما، لكن لا تتجنب عوائل سبق أن هوجمت بأنواع طفيلية أخرى. كذلك يكون للطفيل *A. tabida* قدرة التعرف على العلامة mark التي تتركها الأنواع القريبة مثل *A. rufescens* وهو نوع قريب له تقسيمياً لكنه يهاجم العوائل في مواقع بيئية دقيقة microhabitat أخرى، بينما يكون غير قادر على التعرف على تلك العلامات التي يتركها نوعين آخرين من شاكلته congeners هما *A. persimilis*، ونوع غير معروف من جنس *Asopara*.

من الممكن أن يكون هناك على الأقل ثلاث أسباب لعدم شيوع قدرة التمييز مختلف النوع.

١- من المحبب بدرجة أكبر أن تتلاقى الطفيليات مع عوائل متطفل عليها بإناث من نفس نوعها، حيث يكون لها قدرة إنتقائية أقوى على تمييز تلك العوائل.

٢- يكون لبعض الأنواع الطفيلية القدرة على أن يفوز دائماً عند المنافسة مع أنواع أخرى، وبالتالي فإنه لا يقع تحت ضغط تجنب العوائل المحتوية على منافس أضعف. (بالرغم من أن النوع المنافس الأضعف قد يكون له قدرة إنتقائية أقوى).

٣- قد يكون من الصعب على طفيل ما أن يُنمى من قدرته على تتبع العلامات الكيميائية chemical marks التي يتركها نوع مختلف آخر، بينما تكون قد نمت لديه هذه القدرة على تمييز التعليم marking بين أفراد النوع الواحد لمنع حدوث التطفل المتزايد الذاتي self superparasitoidism، حيث تكون هذه القدرة على التمييز تكيف سابق لها.

في العلاقات التفاعلية التنافسية المعقدة بين يرقات ثلاثة أنواع من طفيليات عائلة براكونيدي على المن وهى الطفيليات *Praon pequodorum*، *Ephedrus californicus*، *Aphidius smithi*، وجد أنه في كل الأنواع الثلاثة كان الطفيل الأكبر عمراً oldest parasitoid هو الفائز عادة عند المنافسة موحدة النوع، إذ يكون أول فرد من أفراد الطفيل الذي يصل إلى الطور اليرقي قادراً فيزيقياً physically على إهلاك منافسيه، ولذلك فإن للعمر اليرقي أهميته الرئيسية (بالرغم من أن اليرقات يمكن أن تكون فيما بعد قادرة على المهاجمة عندما تدخل في مرحلة العمر اليرقي الثالث ذو الفكوك). وجد أيضاً أن كل الأنواع الثلاث أظهرت قدرة على التمييز مختلف النوع (ربما يحتاج هذا الإستنتاج إلى تأكيد). في تجارب المنافسة مختلفة النوع، كان النوع *A. smithi* هو الفائز دائماً بالنسبة للنوعين الآخرين، وربما يرجع ذلك إلى نمو القدرة على التمييز مختلف النوع.

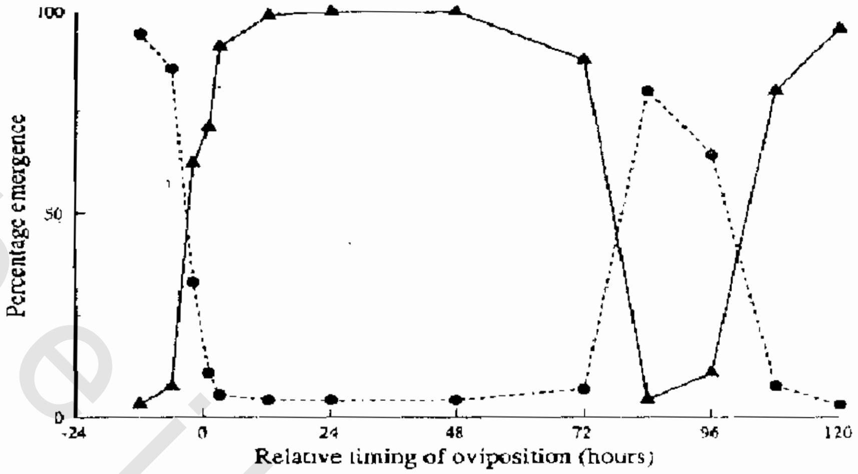
يعتبر الطفيل *Aphidius smithi* منافساً أضعف لنظيره *Aphidius ervi*. يكون للنوع الأخير القدرة على قتل يرقات النوع الأول الأصغر حجماً بالقمع الفسيولوجي physiological suppression، أما الأكبر حجماً فبالمهاجمة المباشرة. تكون الحالة الوحيدة التي فيها لا يستطيع النوع *A. ervi* أن يمتلك فيها هذه الميزة عندما يفقس بيض كلا النوعين في وقت واحد. أظهر كل من النوعين قدرة على التمييز مختلف النوع، مع تفضيل كليهما لأفراد المن غير المتطفل عليها. عندما تعطي الفرصة لكلا النوعين لوضع البيض في عوائل سبق التطفل عليها بالطفيل *A. ervi* والطفيل *A. smithi* فإنهما يفضلان وضع البيض في عوائل محتوية على الطفيل *A. smithi* حيث تكون الفرصة أكبر لحياة يرقاتهما. وجدت حالة مشابهة أيضاً في العلاقة التفاعلية بين الطفيلين *Aphidius ervi* (Braconidae)، و *Aphelinus asychis* (Aphelinidae). أظهر كل منهما قدرة على التمييز موحد النوع عن طريق الإستعانة بالمشعرات الداخلية internal cues. وعندما أعطيا الفرصة للتطفل على عوائل سليمة وعوائل متطفل عليها بالنوع الآخر لكل منهما، فإن كلا النوعين فضلا العوائل غير المتطفل عليها.

في العلاقة التفاعلية بين نوعي الطفيليات *Telenomus heliothidis* (Scelionidae)، *Trichogramma pretisoum* (Trichogrammatidae)، وكليهما يتطفلان على بيض دودة الدخان *Heliothis virescens*، وجد أن فوز أي منهما في التطفل المتضاعف يعتمد بشدة على

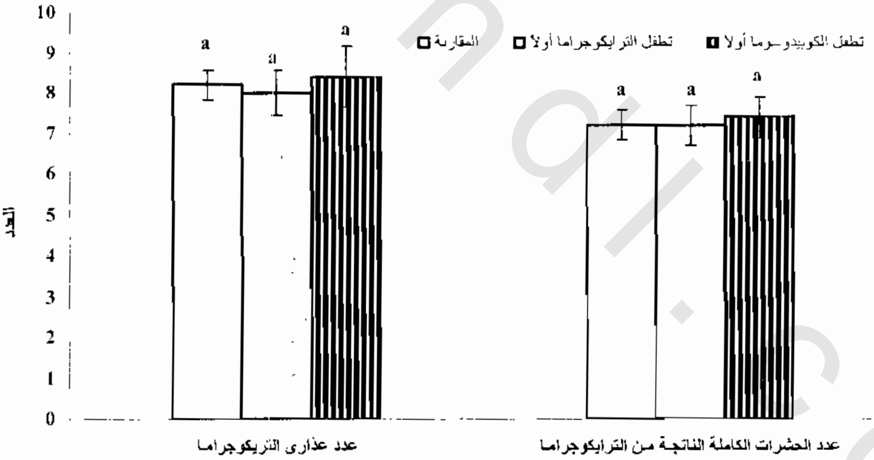
التوقيت النسبي للمهاجمة (شكل ٤٦:٣). يفوز النوع *T. pretiosum* إذا كان توقيت الهجوم ست ساعات على الأقل قبل المنافسة. يعتبر هذا النوع من الطفيليات الجماعية وبذا يكون له القدرة على إلتهام كل مصادر العائل الغذائية أسرع من منافسه *T. heliothidis*. لكن لو كان توقيت المهاجمة بالنوع *T. pretiosum* أقل من ست ساعات أو كانت بداية الهجوم بالنوع *T. heliothidis*، فإن النوع الأخير يكون هو الفائز فى المنافسة. يستغرق طور البيضة للنوع *T. heliothidis* وقتا أقصر من ذلك فى النوع *T. pretiosum*، وبمجرد الفقس تفرز يرقات النوع *T. heliothidis* مادة كيميائية مهلكة لأنسجة كل من العائل وبيض النوع *T. pretiosum*، بينما تكون يرقات نوعه محمية بالكيوتيكل. ومن العجب أن يكون النوع *T. pretiosum* هو المنافس الناجح فيما لو هاجم عوائل عمرها من ٨٤ – ٩٦ ساعة بعد مهاجمة الطفيل *T. heliothidis*. فى هذه الفترة يكون الطفيل *T. heliothidis* قد وصل إلى عمره الثالث مالئا لبيضة العائل وهنا يعمل الطفيل *T. pretiosum* كطفيل ثانوى. تتضح، جزئياً، المزايا التنافسية النسبية لكل من هذين النوعين من خلال سلوك وضع البيض. إذ لايمكن للنوع *T. heliothidis* أن يتطفل على عوائل سبق أن هوجمت بالطفيل *T. pretiosum* بإثنتى عشرة ساعة أو أكثر، بينما يمكن للطفيل *T. pretiosum* مهاجمة بيض سبق التطفل عليه بالطفيل *T. heliothidis* بأربع وعشرين ساعة. ويرجع السبب الميكانيكى لهذه الإختلافات إلى أن كلا النوعين يظهران تجنباً لعوائل حدث بها تنكرز necrosis للأنسجة. يحدث هذا التنكرز بسبب يرقات الطفيل *T. heliothidis*، بينما فى حالة الطفيل *T. pretiosum*، فإنه يحدث عن طريق مادة تحقق بواسطة أنثى الطفيل الواضعة للبيض، وبذا فإن التطفل السابق بالطفيل *T. pretiosum* يمكن إكتشافه أسرع كثيراً من التطفل بالطفيل *T. heliothidis*.

وفى دراسة حديثة عن قدرة التمييز والمنافسة الداخلية intrinsic competition بين طفيل البيضة *Trichogramma evanescens* وطفيل البيضة-يرقة متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* داخل عائلهما فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea operculella*، فضل كل من الطفيلين التطفل على بيض العائل غير المتطفل عليه مقارنة بالمتطفل عليه بالطفيل المنافس، ولكن تلك القدرة كانت أعلى فى الطفيل *C. desantisi* مقارنة بالطفيل *T. evanescens*. وعند دراسة المنافسة الداخلية داخل بيض العائل المتطفل عليه بكلا الطفيليين multiparasitised host وبتسلسل مختلف، كانت النتائج مدهشة حيث نمت جميع العوائل المتطفل عليها بكلا الطفيليين إلى الطفيل *T. evanescens* ولم تنمو أى منها إلى الطفيل المنافس (شكل ٤٧:٣). يرجع ذلك إلى سرعة نمو الطفيل *T. evanescens* من البيضة حتى اليرقة (٩ أيام) مقارنة بالطفيل المنافس الذى يحتاج إلى ٢٠ يوم لاستكمال النمو الجنينى وفقس البيض داخل يرقات العائل. على ذلك تقوم يرقات الطفيل الأول باستنفاذ المواد الغذائية الموجودة داخل العائل وبالتالى عدم السماح لبيض الطفيل الثانى

باستكمال مراحل النمو الجنيني. هذا ويتضح من الشكل أن الطفيل المنافس لم يكن له أى تأثير معنوى على كل من عدد بيض العائل المتطفل عليه (black eggs) و معدل خروج الحشرات الكامله لطفيل التريكوجراما (شكل ٣:٤٧).



شكل (٣:٤٦) يوضح حصيلة التطفل المتضاعف بين الطفيل *Telenomus heliothidis* (مثلث مقفل) والطفيل *Trichogramma pretiosum* (دائرة مقفلة) عند التطفل على نفس العائل بعد فترات مختلفة من وضع البيض (ستراند Strand ، ١٩٨٦)



شكل (٣:٤٧) نتيجة المنافسة الداخلية بين الطفيل *T. evanecens* والطفيل *C. desantisi* داخل عائلهما فراشة درنات البطاطس تحت ظروف تسلسل التطفل (مندور وآخرون ، ٢٠٠٨).

تم الوصول إلى نفس النتائج السابقة فى حالة المنافسة بين طفيل البيضة *Trichogramma pretiosum* وطفيل البيضه–يرقة متعدد الأجنة *Copidosoma floridanum* داخل بيض عائلهما *Trichoplusia ni*. على العكس من ذلك، فعند دراسة المنافسة الداخلية بين الطفيل متعدد الأجنة *C. floridanum* وطفيل اليرقة الداخلى *Glyptapanteles pallipes* داخل يرقة العائل، كانت النتيجة فى صالح الطفيل الأول لإمتلاكه ليرقات دفاعية defender larvae تقوم بقتل يرقات الطفيل المنافس داخل العائل (يمكن الرجوع لموضوع تعدد الأجنة).

هناك عدد من الطفيليات تهلك بيض الأنواع الأخرى المتواجدة على العائل. يهلك الطفيل البراكونيدى *Bracon hehetor* بيض الطفيل *Goniozus nephantidis* (Bethylidae). ومن المعروف أن بعض طفيليات المن من جنس *Ephedrus* (Braconidae) تحقن سماً داخل عوائلها أثناء وضع البيض يؤدى إلى موت البيض الموضوع حديثاً بطفيليات من جنس *Aphidius*، وهو جنس آخر من عائلة براكونيدى Braconidae. لا يكون لهذا السم تأثير على بيض أفراد نفس النوع conspecific.

حادى عشر: فرط التطفل والطفيليات المفرطة

Hyperparasitoidism and hyperparasitoids

تشكل الطفيليات المفرطة hyperparasitoids المستوى الغذائى الرابع فى سلسلة العلاقات الكائنة بين آكلات الحشرات entomophagous insects. فهى تشير إلى نمو طفيل ثانوى (طفيل مفرط) على حساب طفيل أولى primary parasitoid الذى يهاجم العائل الحشرى والذى غالباً ما يتغذى تغذية نباتية أو قد يكون مفترساً أو مترمماً، لذلك فإن الحشرات المفرطة التطفل تهاجم حشرة أخرى تكون نامية على أو داخل عائل حشرى آخر. تؤثر هذه العلاقات دون شك فى ضبط عناصر المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية، إذ قد يكون للطفيليات المفرطة تأثيراً ملحوظاً على فاعلية الطفيليات الأولية المهاجمة لعشائر الحشرات العاشبة herbivorous insects.

تتواجد ظاهرة التطفل المفرط فى ثلاث رتب حشرية هى رتبة غشائية الأجنحة (١٧ عائلة)، وبعض الأنواع القليلة من رتبة ذات الجناحين، ورتبة غمدية الأجنحة. وإذا رجعنا إلى ظاهرة التطفل بصفة عامة فى الحشرات، وفى نظرة سريعة، قبل تناول التطفل المفرط، فقد ذكر أنها نشأت أولاً فى أسلاف الحشرات من فوق عائلة Orussoidea، التى تتطفل على دبابير الخشب wood wasps، وأيضاً فى حشرات تحت رتبة الحشرات ذات الخصر Apocrita من رتبة غشائية

الأجنحة. ويعتقد أن منشأ التطفل فى حشرات هذه الرتبة، ومن ثم التطفل فى غشائيات الأجنحة يرجع إلى العصر الجوراسى Jurassic period أى ما يقرب من ١٣٥ مليون سنة سابقة. ويظن أيضا أن هذه الأسلاف قد تخصصت فى التطفل على اليرقات المتواجدة داخل أنفاق فى النباتات الخشبية والتى تتغذى على الخشب أساساً وجزئياً على الفطريات التى تحقن بواسطة إناث الطفيليات أثناء وضع البيض.

من المحتمل أيضاً أن التطفل الخارجي ectoparasitoidism نشأ أولاً قبل التطفل الداخلي endoparasitoidism عن طريق وضع البيض بالقرب أو ربما علي العائل بدلاً من وضعه بداخله. لذلك فإن الطفيليات الخارجية عادة ما تهاجم العوائل المختبئة داخل الأنفاق فى الأخشاب أو داخل الأورام النباتية. يظهر أيضاً أن إستخدام السم venom في عملية التطفل قد بدأ مبكراً جداً وأدى إلى تغيرات فسيولوجية في جسم العائل. وبينما أدى السم في أسلاف الطفيليات الخارجية إلى الشلل الكامل للعائل أو موته أو ما يسمي idiobiosis (شلل كامل في العائل يؤدى للموت)، فإن السم فى الطفيليات الداخلية الأكثر تخصصاً تميل إلى إتجاه الشلل المؤقت أو غير المميت للعائل koinobiosis (شلل مؤقت للعائل لا يؤدي للموت). وبصفة عامة، تحتاج طفيليات المجموعة الأولى إلى تحورات فسيولوجية (مثل ميكانيكية التغلب على النظام المناعى للعائل) أقل من طفيليات المجموعة الثانية والتى تظهر درجة واضحة وجلية من التخصص العائلى.

وإستناداً إلى ما ذكرة العالم جودفراى Godfray عام ١٩٩٤، فإن التطفل المفرط الإختيارى (وهى الطفيليات التى لها القدرة على أن تنمو كطفيليات أولية أو ثانوية كما سياتى ذكره بعد) ربما نشأ من التطفل الخارجى حيث لا يتطلب الأمر تواؤمات أو تكيفات خاصة لوضع البيض والتغذية على الطفيل الأولى أو على عائله الحشرى. أما التطفل المفرط الإجبارى (وهى تنمو دائماً كطفيليات ثانوية كما سياتى ذكرة بعد) فإنها تتبع توزيع تقسيمى واسع، ويعتقد أنه نشأ بإحدى الطرق الآتيه:

١- من خلال التطفل المفرط الإختيارى كنتيجة للإستعاضة الإنتهازية opportunistic trade-off للعوائل الأولية أو الثانوية المتاحة، أو كنتيجة لتعود الطفيليات على التواجد ومقابلة العوائل المتطفل عليها.

٢- من خلال تحول الطفيل من طفيل أولى لعائل حشرى ما herbivore إلى طفيل ثانوى لنوع آخر (طفيل أولى)، وقد يسهل هذا التحول فيما لو أن هناك صفات فسيولوجية وإيكولوجية مشتركة بين العائل الأولى القديم herbivore والعائل الثانوى الجديد (primary parasitoid).

أنماط الطفيليات المفرطة:

طبقاً للعالمان هونتر و وولى Hunter and Woolley (٢٠٠١) وسوليفان وفوكل Sullivan and Vokl (١٩٩٩)، هناك عدة تقسيمات للطفيليات المفرطة منها:

١- **طفيليات مفرطة إجبارية obligate hyperparasitoids**: هى دائماً طفيليات ثانوية ينمو نسلها فقط داخل الطفيل الأولى أو عليه، وهى إما أن تكون حقيقية true hyperparasitoids وهى التى تهاجم الطفيل الأولى الذى لا يزال داخل العائل الحشرى العاشب، أو طفيليات مفرطة كاذبة pseudo hyperparasitoids وهى تلك الطفيليات المفرطة التى تهاجم الطفيليات الأولية وهى فى طور الشرنقة coccon بعد خروجها من عوائلها الحشرية.

٢- **طفيليات مفرطة إختيارية facultative hyperparasitoids**: هى تلك الطفيليات التى لديها القدرة على أن تنمو إما كطفيليات أولية أو كطفيليات ثانوية.

٣- **طفيليات مفرطة خارجية ecto-hyperparasitoids** (ectophagous): هى تلك الطفيليات المفرطة التى تتغذى يرقاتها خارجياً على عوائلها.

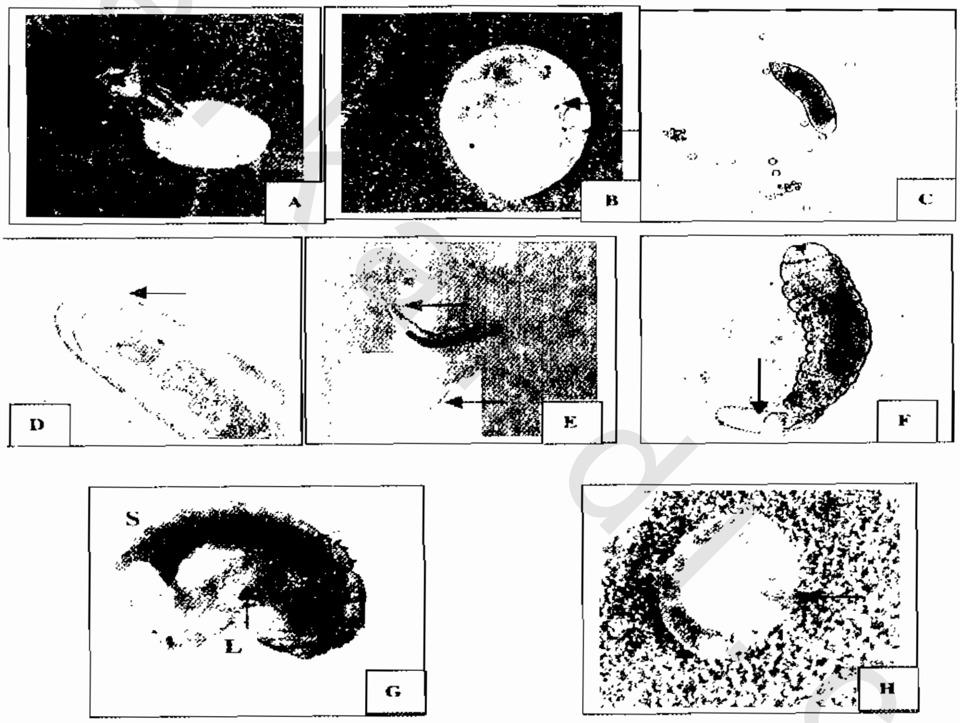
٤- **طفيليات مفرطة داخلية endo-hyperparasitoids** (endophagous): هى تلك الطفيليات المفرطة التى تتغذى يرقاتها داخلياً على عوائلها.

٥- **طفيليات مفرطة مباشرة direct hyperparasitoids**: هى تلك الطفيليات المفرطة التى تتطفل مباشرة على العائل الثانوى (الطفيل الأولى) بوضع البيض فيه أو عليه.

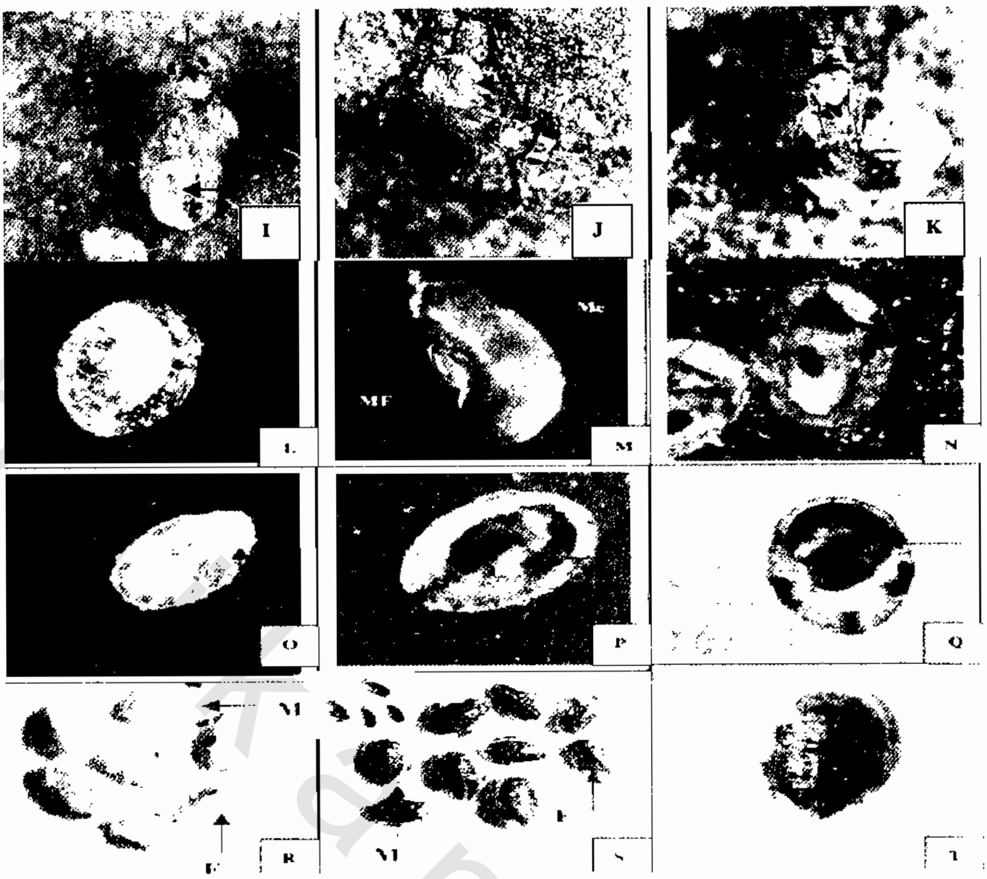
٦- **طفيليات مفرطة غير مباشرة indirect hyperparasitoids**: هى تلك الطفيليات المفرطة التى تهاجم العوائل الحشرية الأولية (phytophagous insect = herbivore) التى يهاجمها بعد ذلك الطفيل الأولى وليست لها القدرة على المهاجمة المباشرة للطفيل الأولى. فى هذه الحالة تضع أنثى الطفيل المفرط بيضها داخل العائل الحشرى العاشب herbivore بصرف النظر عن كونه متطفل عليه أم لا.

٧- **التطفل المفرط غير المتجانس heteronomous hyperparasitoids**: هى تلك الطفيليات التى تنمو فيها الإناث كطفيل أولى، بينما تنمو الذكور كطفيل ثانوى مفرط على الطفيليات الأولية. حل هذا المصطلح محل المصطلح القديم وهو التطفل الأخوى adelphoparasitoids (adelpho = brother)، والذى فيه تنمو بيضة الأنثى بطريقة عادية داخل العائل الحشري كطفيل أولى، بينما تنمو البيضة الذكر male egg غالباً كطفيل ثانوى فى أو على طفيل أولى بما فيه أخته أو أخواته conspecific daughters داخل بقايا العائل الحشرى العاشب. ومن أمثلة ذلك الطفيل *Encarsia bimaculata* (المتطفل على حوريات الذباب الأبيض *Bemisia tabaci*)، والذي فيه

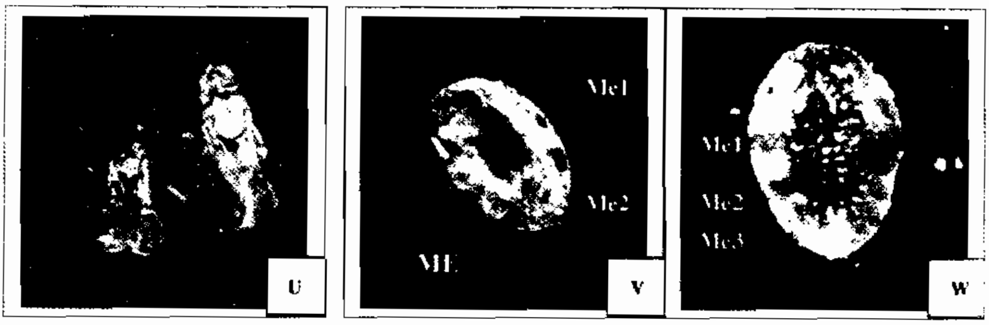
تسلك البيضة الأنثى مسلك الطفيل الأولي (شكل ٤٨:٣)، بينما تنمو البيضة الذكر كطفيل ثانوي على أخته أو أخواته (شكل ٤٩:٣). في حالة عدم توفر العوائل الأولية (الذباب الأبيض) المتطفل عليها بواسطة اليرقات الإناث للطفيل وبحيث لا تجد أنثى الطفيل سوى العوائل المتطفل عليها بيرقات أبنائها الذكور، تقوم تلك الإناث بالتطفل على اليرقات الذكور مرة أخرى لتنمو بيضة الذكر كطفيل ثالثي tertiary parasitoid على أخوه المتطفل بدوره على يرقة أنثى للطفيل (شكل ٤٩:٣). يظهر البراز المتجمع meconium لجنس هذا الطفيل فى صورة كريتان صغيرتان، ولذا فقد يوجد داخل حورية العائل (الذبابة البيضاء) المتطفل عليها بهذا الطفيل كريتان من البراز المتجمع أو أربع أو ست كريات. يشير وجود الكريتان الأوليتان إلى نمو يرقة أنثى متطفلة على الذبابة البيضاء كطفيل أولي. بينما تشير الأربع كريات من البراز المتجمع إلى نمو يرقة ذكر للطفيل على أخته الأنثى كطفيل ثانوى، أما وجود ست كريات فدليل على وجود التطفل الثالثي من يرقة ذكر على اليرقة الذكر لأخيه (شكل ٥٠:٣).



(**شكل ٤٨:٣) يوضح** : (A)أنثى الطفيل *Encarsia bimaculata* تضع بيضه منتجة للأنثى female egg فى حورية الذباب الأبيض، (B) وخزات وضع البيض، (C) شكل البيضة الأنثى، (D) شكل إنقسام النواة- ويشير السهم إلى الغشاء الجنينى الإضافى extraembryonic membrane، (E) العمر اليرقى الأول للأنثى ويشير السهم إلى المنطقة الذيلية tail، (F) العمر اليرقى الثانى ويشير السهم إلى جلد الإنسلاخ exuvia، (G) العمر اليرقى الثالث، (H) ما قبل العذراء ويشير السهم إلى البراز المتجمع meconium (أنطونى Antony وآخرون، ٢٠٠٤).



شـــكل (٣:٤٩) يوضح دورة حياة البيضـة الذكر للطفيل *E. bimaculata* : (I) أنثى تضع بيضه غير مخصبة منتجـة للذكور male egg على يرقة العمر اليرقى الثالث لنفس النوع، (J)) أنثى تضع بيضه غير مخـصبة منتجـة للذكور male egg على طور ما قبل العذراء للنوع *Encarsia transvena* ، (K) أنثى تضع بيضه غير مخـصبة منتجة للذكور male egg على عذراء حديثة التكوين لنفس النوع *E. bimaculata* . (L) بيضه الـذكر male egg على يرقة العمر الثالث للنوع *Encarsia bimaculata* ، (M)) بيضه الذكر male egg على ما قبل العذراء للنوع *Encarsia bimaculata* ، (N) عمر يرقى أول للذكر، (O) عمر يرقى ثانى للذكر ، (P) العمر اليرقـى الثالـث للذكر (Q) العمر اليرقى الثالث للذكر وقد إستهلك كل العائل الأولى، (R) طور ما قبل العذراء فى الـذكر M والأنثى F ، (S) عذراء تامة النمو فى الذكر M والأنثى F ، (T) حشرة كاملة قبـل الخـروج مـن العـذراء (أنطونى Antony وآخرون، ٢٠٠٤).



شكل (٣: ٥٠) يوضح تعرض يرقة ذكر الطفيل *E. bimaculata* إلى التطفل عليها مرة أخرى بواسطة بيضة ذكر لنفس النوع (تطفل ثالثى): (U) حشرة كاملة لأنثى الطفيل على اليمين وذكرها إلى اليسار، (V) يرقة ذكر متطفل عليها مرة أخرى ببيضة ذكر : لاحظ أن Me1 براز اليرقة الأنثى للطفيل- Me2 براز اليرقة الذكر الأول المتطفل على يرقة الأنثى – ME بيضة الذكر الثانى ، (W) عذراء الطفيل موضحة ثلاثة مجاميع من البراز المتجمع وهى Me1 براز يرقة الأنثى- Me2 براز يرقة الذكر الأول المتطفل على يرقة الأنثى – Me3 يشير إلى البراز المتجمع ليرقة الذكر الثانى المتطفل على يرقة الذكر الأول (**أنطونى Antony وآخرون**، ٢٠٠٤).

ليس من الضرورى أن تسلك البيضة الذكر مسلك الطفيل المفرط دائماً فقد تنمو كطفيل خارجى على نفس عوائل إناثه أو على عوائل أخرى. وفى حالات قليلة جداً قد تنمو بيضة كلا الجنسين كطفيليات أولية خارجية.

تتفاوت الأنواع فيما بينها داخل هذه المجموعة من التطفل المفرط غير المتجانس من حيث مكان وضع البيضة الذكر ومكان نموها. فقد تنمو الذكور كطفيليات ثانوية خارجية أو داخلية، وأيضاً من الممكن أن توضع البيضة الذكر فى أو على الطفيل الأولى مباشرة داخل بقايا العائل ويطلق على هذه الحالة التطفل المفرط المباشر direct hyperparasistoidism. تم تسجيل هذه الحالة فى أجناس الطفيليات *Coccophagus, Encarsia, Coccobius, Coccophagoids*. تحتوى هذه الأجناس على أنواع ينمو فيها الذكر داخلياً وبعضها ينمو خارجياً. هذا وقد يمتلك العمر اليرقى الأول للذكر لأنواع مختلفة من جنس *Coccophagus* تواؤمات مورفولوجية مختلفة تمكنه من النمو خارجياً أو داخلياً فى العوائل المختلفة، كما أنه فى بعض الأنواع الأخرى من هذا الجنس قد ينمو الذكر فى البداية داخلياً ويكمل نموه خارجياً. أما التطفل المفرط غير المباشر indirect hyperparasistoidism ففيه توضع البيضة الذكر فى العائل الحشرى العاشب بصرف النظر عن إحتوائه على طفيل أولى أو لا، ولكن غالباً ما توضع البيضة الذكر بعد التطفل بنوع طفيلى آخر. فى هذه الحالة لا تفقس البيضة الذكر إلا بعد أن يلتهم الطفيل الأولى كل محتويات العائل العاشب

والذي يتسبب جفافه في أن يفقس هذا البيض (البيضة الذكر). يطلق على هذه الظاهرة تثبيط الفقس inhibiting hatching، إذ في غياب الطفيل الأولى فإن البيضة الذكر للطفيل الثانوى تبقى في حالة سكون quiescence لمدة قد تصل في بعض الأنواع إلى ٨٥ يوماً دون فقس تحاط فيها البيضة بغطاء أسود black jacket لحمايتها من مهاجمة يرقات الطفيل الأولى وعند الفقس تلتهم اليرقة الذكر للطفيل المفرط الطفيل الأولى. تم تسجيل هذا النموذج من التطفل في عدة أنواع منها على سبيل المثال *Coccophagus basalis*، *C. pseudococc*، *C. gurneyi*، *Pteroptrix orientalis*.

يتوقف المدى الذى فيه تهاجم الطفيليات الأولية بالطفيليات المفرطة، إلى حد كبير، على عادات الطفيليات الأولية من حيث درجة تعرضها أو إختبائها داخل أغلفة أو شرانق أو محافظ العذارى puparia، ومن حيث طول الفترة التي يقضيها الطفيل الأولي في طور العذراء. عادة عندما يكون العائل غير الطفيلي herbivore معرضاً يكون الطفيل الأولي داخلي التطفل ويكون الطفيل المفرط داخلي أو خارجي التطفل. أما عندما يكون العائل غير الطفيلي مختبئاً، يكون الطفيل الأولي خارجي التطفل وكذا الطفيل المفرط أيضاً حيث يكونا محتميين بأغطية العائل غير الطفيلي. أما من حيث طول الفترة التي يقضيها الطفيل الأولي معرضاً فقد وجد أنه كلما طالت تلك الفترة زاد إحتمال التطفل المفرط. فعلى سبيل المثال، وجد أن عذارى الطفيل الأولي *Apanteles melanoscelus* تمكث فترة طويلة داخل شرانقها المعرضة مما يعرضها للهجوم بشدة بواسطة عديد من الطفيليات المفرطة.

نادراً ما يوضح الطفيل المفرط إرتباطاً بعدد قليل من عوائله الأولية بسبب أنها أقل قدرة على التمييز عند إنتخاب عوائلها من الطفيليات الأولية مما يتسبب عنه تزايد في أنواع هذه الطفيليات المفرطة، في منطقة معينة، دون التقيد بوجود عوائلها المعروفة سابقاً من الطفيليات الأولية. إذ سرعان ما يكتشف عديد من الطفيليات المفرطة مرتبطة بالطفيليات الأولية حديثة الإستيراد رغم إستيرادها خالية من الطفيليات المفرطة التي كانت تتطفل عليها في موطنها الأصلي، وغالباً ما تكون الطفيليات المفرطة في الموطن الجديد مختلفة تقسيمياً عن تلك التي كانت مرتبطة بالطفيليات الأولية المستوردة في موطنها الأصلي.

التعاملات المتباينة للبيض بواسطة الأنثى البالغة

يكون كلا جنسى البيض ذكراً كان أم أنثى متماثلاً بالضرورة داخل فروع المبيض (الإستثناء الوحيد في طفيل *Pteroptrix orientalis*)، لذا فإن أى تغير فى الشكل بينهما غالباً ما

يحدث بعد وضع البيضة بواسطة أنثى الطفيل. عادة ما يكون للبيضة الذكر الموضوعة خارجياً ساقاً stalk أو عنقاً pedicel فى النهاية الأمامية، وقد سجلت معظم الحالات لطفيليات خارجية مباشرة. أما البيضة الذكر داخلية التطفل فهى مشابهة تماماً للبيضه الأنثى، مما يظهر أن وجود هذا النتوء مرتبط بحياة الطفيليات خارجية التطفل فقط وربما يخدم فى تثبيت البيضة فى جسم العائل (الطفيل الأولى) أو لمنع فقد الماء. فى الطفيل *Euxanthellus philippiae* تمتلك البيضة الذكر نتوءاً على جانب البيضة لتثبيتها بالعائل الثانوى(يرقات الطفيل الأولي) وبسبب وضعها هذا، فإنه يظهر أنه غدى المنشا أكثر من كونه إلتواء أو تشوه بسيط فى قشرة البيضة.

هناك من الظواهر أيضاً ما يدل على أن الإناث تستخدم الإفرازات الغدية لتغليف أسطح البيض الذكر والبيض الأنثى بوسائل مختلفة. فقد لوحظ أن البيضة الذكر فى الطفيل المفرط غير المباشر *Coccophagus gurneyi* لا يتم كبسلتها فى العائل (البق الدقيقى)، بينما البيضة الأنثى يتم كبسلتها بإنتظام. وحيث أن كلا نوعى البيض موضوع فى نفس الوسط البيئى، فالمتوقع أن إناث الطفيل تعامل أسطح كل منهما بمعاملة مختلفة.

فى التطفل المفرط غير المتجانس قد يوضع كل من البيضة الذكر والأنثى فى نفس الموقع أو فى مواقع مختلفة. فعلى سبيل المثال، فى الطفيل *Coccophagus basalis* يوضع جنسى البيض فى عقدة تحت المرىء. وعلى العكس من ذلك فى حالة الطفيل *C. semicircularis* توضع البيضة الأنثى بصفة عامة فى القناة الوسطية للعائل، بينما البيضة الذكر فتوضع فى الأعمار اليرقية المبكرة لليرقات المتطفل عليها. كذلك فى حالة الطفيل *Encarsia smithi*. توضع البيضة الأنثى فى أنابيب ملبيجى للعائل بينما البيضة الذكر توضع داخل اليرقة البالغة أو العذراء للطفيل الأولى.

مورفولوجيا اليرقات

فى الطفيليات المفرطة غير المتجانسة يختلف شكل اليرقة الذكر عن اليرقة الأنثى، وبصفة خاصة فيما يتعلق بوجود أو غياب الثغور التنفسية العاملة فى العمرين الأولين. فاليرقة الذكر خارجية التطفل تمتلك ثغوراً تنفسية مفتوحة فى هذين العمرين، أما اليرقة الأنثى فتفتقر إلى هذه الثغور apneustic. سجل هذا الإختلاف فى عديد من تلك الطفيليات. على العكس من ذلك فإن ذكور الطفيليات داخلية التطفل تتشابه فى الشكل العام مع إناثها وفى عدم إمتلاكها لثغور تنفسية مفتوحة عاملة فى هذين العمرين. أما فى الأعمار اليرقية المتقدمة فالاختلافات فى عدد الثغور التنفسية بين يرقات الذكر والأنثى أقل وضوحاً. فعلى سبيل المثال، تمتلك يرقات الذكور كاملة

النمو للأنواع *Encarsia lutea* و *E. tricolor* و *E. aleuroilicis* تسعة أزوراج من الثغور التنفسية مقابل ثمانية فقط فى اليرقات الإناث، بينما يمتلك النوع *E. dichora* ستة أزواج فى يرقات الذكور وخمس أزواج فى يرقات إناثه.

فى بعض الحالات، قد يختلف تماماً يرقات كلا الجنسين فى شكل النموذج اليرقى وفى وجود الأشواك، وليس من المعروف سبب هذه الثنائية فى الشكل بين الجنسين. فعلى سبيل المثال، فى الطفيل *Coccophagus capensis* تكون الذكور طفيليات ثانوية وبذا ينمو كل من الذكور والإناث فى نفس العائل، لكن تكون اليرقة الأنثى من النموذج الذنبى caudate بينما يكون الذكر من النموذج التيلى teleaform مغطى بأشواك على البطن. وفى النوع *C. gurneyi* يوجد شكلين لليرقات الذكر، وهما نموذج الطفيل الخارجى غير المباشر ونموذج الطفيل الداخلى المباشر، إذ يظهران إختلافات مورفولوجية أثناء النمو.

الباب الرابع

كيميائيات الإتصال (الكيميائيات الوسيطة)

أولا: الفيرومونات

ثانياً: الأليلوكيميائيات

- الألومونات
- الكيرومونات
- الجاذبات النباتية
- الأبنيومونات

كيميائيات الإتصال (الكيميائيات الوسيطة)

SEMIOCHEMICALS OR INFOCHEMICALS

من المصطلحات التي أستحدثت حديثاً في مجال إدارة التحكم فى الآفات والتفاعل بين الكائنات الحية فى بيئتها الطبيعية ما يعرف **بعلم البيئة الكيميائية Chemical Ecology** وهو العلم الذى يهتم بدراسة المواد **الكيميائية وطرق انتشارها وعلاقاتها بطرق الإتصال بين الكائنات الحية في الطبيعة**. يختص علم البيئة الكيميائية بتداخلات الكائنات الحية مع ما يحيط بها من خلال ما تنتجه أو تستقبله من كيميائيات. تشكل الكيميائيات الوسيطة إتجاهاً جديداً وهاماً في مجال إدارة التحكم في تعداد الآفات. تنقل هذه الكيميائيات رسائل محددة بين أنواع الكائنات الحية فى البيئة. فهناك كيميائيات تستخدم لجذب الحشرات لأماكن معينة للقضاء عليها، أو تضلل الحشرة عند بحثها عن الجنس الآخر للتزاوج، أو تحول الحشرة في إتجاه معين ليس في صالح حياتها كما هو الحال في الفيرومونات، أو قد تنجذب الحشرات إلى مصدر غذائي معين مفضل لديها لتغيير سلوكها تجاه العوائل المستهدفة من قبل هذه الآفات كما هو الحال في الجاذبات الغذائية.

وقبل البدء فى تعريف وتقسيم أنواع كيميائيات الإتصال، لابد من التفريق بين مصطلحين هامين فى عملية الإستجابة للكيميائيات الوسيطة وهما الإنجذاب attraction وكذلك الحجز arrestment. فالإنجذاب attraction تكون المادة المؤثرة ذات تأثير بعيد المدى وتؤثر فى العدو الحيوى أو الكائن الحى المستقبل من مسافة بعيدة قبل ملامسة السطح المعامل ومن أمثلة ذلك الكيرومونات والجاذبات النباتية synomones. أما الحجز arrestment ففيه لا يتأثر الكائن المستقبل بمجموعة كيميائيات الإتصال إلا عند ملامستها أو ملامسة أسطح النباتات أو الوسائط المعاملة بتلك المواد التى تظهر أهميتها فقط فى المدى القصير short range.

تم تعريف هذه المواد عام ١٩٧١ بإسم كيميائيات الإتصال أو الكيميائيات الوسيطة semiochemicals (الكلمة فى اليونانية هى semeon وهى تعنى إشارة أو علامة mark or signal)، وقد عرف العالمان لاو و ريجنس Law and Regnies هذه المواد على أنها "الكيميائيات التي تتوسط التفاعل بين الكائنات". تقسم هذه المواد على حسب ما إذا كان تأثير

التفاعل بين كائنات من نفس النوع intraspecific أو بين كائنات من أنواع مختلفة interspecific interactions، إلى قسمين رئيسيين:

(أ) الفيرومونات Pheromones

(ب) الأليلوكيميائيات Allelochemicals

أولاً : الفيرومونات Pheromones

الفيرومونات هى كلمه مشتقة من الكلمة اليونانية (phereum) ومعناها يحمل carry، والكلمة (horman) ومعناها يثير أو يحفز stimulate or excite. تم إطلاق هذا المصطلح لأول مرة عام ١٩٥٩م بواسطة كالرسون وبيتندات Karlson & Beitenadt، وبواسطة كارلسون ولوشر Karlson & Luscher فى نفس العام. ولكن التعريف كان مقصوراً على المواد التى تفرز وتتوسط التفاعل بين الحيوانات. فى عام ١٩٧٦ قام نوردلون ولويس Nordlund & Lewis بتوسيع مجال التعريف ليشمل النباتات والحيوانات ويكون التعريف كالتالى "هى مادة تفرز من كائن إلى الخارج وتسبب تفاعل معين فى الكائن المستقبل من نفس نوع الكائن المفرز (الباعث)".

لم يتم تحديد التركيب الكيميائي لأى من الفيرومونات حتى عام ١٩٥٩، ولكن الآن تم تحديد آلاف منها فى مجال الحشرات، والنباتات وحتى الإنسان. ومن أكثر الأمثلة وضوحاً هو تأثير المادة الملكية queen substance التى تفرز بواسطة ملكة نحل العسل والتى تثبط نمو المبايض فى الشغالات. وعموماً فإن الكائن المستقبل recieving organism لابد أن يكون مستعداً فسيولوجياً للإستجابة للفيرومون بالإضافة إلى توفر الظروف البيئية المناسبة.

تم تعديل التعريف بواسطة العالم (Kalavus) ليكون على النحو التالى "هى مادة أو مخلوط من المواد تفرز بواسطة كائن معين محدثة تأثيراً أوتأثيرات محددة فى الكائن المستقبل من نفس النوع".

تختلف الفيرومونات بذلك عن الهرمونات التي تفرز داخليا وتؤثر على فسيولوجيا الكائن الحي المفرز للمادة. يطلق مصطلح الفيرومونات الشبيهة المصنعة parapheromones على المواد التي تبطل الإستجابة anti-pheromones. تعمل الفيرومونات في الحشرات الإجتماعية كوسيلة إتصال بين أفراد الطائفة وتحديد طبقاتها castes وغير ذلك من أنماط التكامل الاجتماعي بها، كما تحدد هذه المواد مسار الحشرات غير الإجتماعية من خلال تأثيرها الكيميائي نحو الإنذار والدفاع والتجمع وعلى الجنس الآخر للتزاوج.

تستعمل الفيرومونات الجنسية في الحقل لخفض تعداد الآفات وقد يتأتى من إستخدامها فائدة أكبر في حالات خاصة وقد يطلق بعض العلماء على المكافحة بالفيرومونات وغيرها من المواد الكيميائية بين أفراد نفس النوع بالمكافحة السلوكية بالكيميائيات chemical behaviour insect control. وتعرف المكافحة السلوكية بأنها "إستخدام الكيميائيات التي تعمل على جذب الحشرات إلى جهة معينة بحيث يؤدى ذلك إلى القضاء عليها" وقد يحدث أثناء ذلك خلل في النشاط الجنسي أو إنحراف الجنسين بعيداً عن الجنس الآخر أثناء الشروع في التزاوج، أو قد يحدث إضطراب في توجيه الحشرة لمسارها الطبيعي.

وتنقسم الفيرومونات إلى قسمين رئيسيين:

١- الفيرومونات الفورية (الإنطلاقية) Releaser pheromones

وهى عبارة عن مواد تسبب تأثيرات سلوكية فورية للحشرة المستقبلة وهى أساساً مؤثرات خاصة بالرائحة، وينحصر تأثيرها على الجهاز العصبي المركزي للحشرات المتأثرة (المستقبلة) ومنها:

أ- فيرومونات إقتفاء الأثر Trial following pheromones

ب- فيرومونات التحذير Alarm pheromones

ج- فيرومونات النشاط الجنسى (Sexual activity pheromones (Aphrodisiacs)

د- فيرومونات التجمع Aggregation pheromone ومنها فيرمونات التجمع للتزاوج Sex pheromones وفيرمونات التجمع للتغذية Food lures وفيرمونات وضع البيض Oviposition lures.

هـ- فيرومونات الإنتشار Dispersal pheromones

٢- الفيرومونات التمهيدية Primar pheromones

وهى فيرومونات تسبب تأثيرات فسيولوجية على المدى الطويل للكائن الحي المستقبل وهى غير هامة في مجال إدارة الآفات.

الفيرومونات كجاذبات جنسية Sex pheromones

تفرز الفيرومونات في الحشرات بغرض إيجاد الجنسين معا للتزاوج، وتعرف هذه الفيرومونات بالجاذبات الجنسية sex attractants وهى منتشرة بين حشرات حرشفية الأجنحة وفي بعض حشرات غمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة وبعض رتب الحشرات

الأخرى. في معظم الحالات تفرز الفيرومونات بواسطة الإناث لجذب الذكور، وأحياناً تفرز من الذكور لجذب الإناث. وفي بعض الأحيان الأخرى قد ينجذب كلا الجنسين للرائحة.

١ – الفيرومونات الجاذبة للذكور

في هذه الحالة تتواجد الغدد المنتجة للجاذبات الجنسية في الإناث فيما بين الحلقات البطنية الأخيرة، وتعمل الحشرات على تنظيم إنطلاق الرائحة بتعريض أو تغطية الغدد المفرزة للرائحة بواسطة حركات البطن أو تقلصاتها، وعادة ما تفرز الرائحة في أوقات محددة من اليوم وهى صفة مميزة للأنواع الحشرية المختلفة.

لا تفرز الإناث الفيرومون بعد خروجها مباشرة وحتى ٢٤ ساعة من الخروج، ولكنها تبدأ عملية الإفراز بعد ذلك حتى يتم تلقيحها. أحياناً يفرز الجاذب الجنسي قبل خروج الأنثى كما فى جنس *Megarhyssa* من غشائية الأجنحة حيث تتجمع الذكور على جذوع الأشجار الموجودة بها الإناث إنتظاراً لخروجها من طور العذراء. بعد التزاوج ينخفض معدل الإنجذاب في عديد من الأنواع. يتم إستقبال الرائحة بواسطة مستقبلات حسية خاصة بالرائحة موجودة على قرون إستشعار الذكور – وعليه – يلاحظ بشكل واضح أن قرون الإستشعار في ذكور حشرات حرشفية الأجنحة والتي تنجذب للرائحة تكون من النوع المشطى المضاعف ويعطى تنبيه أعضاء الحس بقرون الإستشعار بفعل رائحة الإناث فعلاً مميزاً لأعصاب قرون الإستشعار حتى مع التركيزات المنخفضة، ويؤدى تأثير الرائحة إلى إثارة الذكور، كما يشجع إلتقاء الذكر مع الأنثى. في وجود الرائحة يوجه طيران الحشرة مع الرائحة، وهذا يساعد على وجود الذكور دائماً بالقرب من أماكن تواجد الإناث، وقد يحدث هذا التجاذب من مسافات بعيدة جداً.

٢ – الفيرومونات الجاذبة للإناث

توجد بعض الحالات القليلة التي تنتج فيها الذكور الجاذبات الجنسية مثل حشرات السوس من جنسى *Anthomonus* و *Harpobittacus* وفي الحالة الأخيرة بعد أن يمسك الذكر ضحيته ويشرع في التغذية عليها تمتد وتنقبض حوصلتان تقعان ما بين ترجات الحلقات البطنية الأخيرة وتنطلق منها الرائحة التي تجذب الإناث حتى يتم الجماع.

٣ – الفيرومونات الجاذبة للجنسين

في بعض الأحيان ينجذب كل من الذكر والأنثى للفيرومون. تنتج أنثى الحشرة *Dendorctonus* غير الملقحة رائحة تجذب الذكور والإناث الأخرى للتزاوج، إضافة لجذبها

بغرض التغذية، إذ يستمر إفراز الفيرومون حتى تحصل الحشرة على الغذاء المناسب. وتفرز ذكور حشرة *Lygus loripes* من غمدية الأجنحة رائحة تجذب الخنافس الأخرى سواء الذكور أو الإناث ويؤدى هذا إلى تجمع الخنافس على أزهار النبات *Melilotus* ويحدث التزاوج أثناء تجمع هذه الخنافس، وهى حشرات كريهة الرائحة ذات لون أصفر تعمل الطيور على تجنبها، وبالتالي يقل معدل تناقص تعداد هذه الحشرات لتدرب المفترسات على تجنبها أيضاً.

خصائص الفيرومونات الجنسية

تم التعرف على الفيرومون الجنسي صدفة من خلال دودة الحرير التوتية وتعامُل الحشريون تجريبياً مع الفيرومونات الطبيعية التي تنتجها بعض الحشرات الحية، وذلك قبل أن يتعرفوا على التركيب الكيميائي لهذه الفيرومونات. وقد مهدت هذه المحاولات إلى معرفة هذا التركيب فأمكن تخليق عدد من المركبات الفيرومونية يزيد عن ١٥٠ مركبا أمكن إستغلالها في مكافحة الآفات الحشرية. ليست جميع الفيرومونات التي تم تعريفها مناسبة للإستعمال التطبيقي بالمصائد، ويرجع ذلك إلى إعتماد الحشرة المستهدفة على مسارات أخرى مرئية أو صوتية إضافة لمؤثرات الشم المرتبطة بالفيرومون. كما يمكن أن تظهر الحشرة مقاومة للفيرومون الجنسي إذا أستعمل وحده في عملية المكافحة.

تتكون الأعضاء المفرزة للفيرومونات في الذكور عادة من حراشيف أو شعيرات غدية تتواجد على البطن أو الأرجل أو الأجنحة، أما فى الإناث فتفرز هذه المواد من غدة تتواجد على الناحية السفلية عادة أو الظهرية أحياناً للمساحات من جدار الجسم بين الحلقتين البطنيتين الثامنة والتاسعة حيث يرتبط بها عادة خصل من الشعيرات أو الحراشيف، كما تتواجد بهذه المساحات جانبياً أكياس للرائحة على حالة فردية أو زوجية تجاور الفتحة التناسلية للأنثى. يمكن الحصول على الفيرومونات الجنسية من هذه الأجزاء من الجسم إما بطريقة التطاير أو بطريقة الإستخلاص بالمذيبات العضوية المناسبة مثل كلوريد الميثيلين أو الهكسان أو الأثير النقي، فى الطريقة الأولى (التطاير) يمرر تيار هوائي على أفراد حية من الحشرات مدفوعاً إلى إحدى المذيبات، أما فى حالة إستخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات، ففيها تخلط أفراد منها بالمذيب خلطاً جيداً بالخلاط، يعقب ذلك عزل الفيرومون من المذيب إما تحت ضغط منخفض أو بترسيب النواتج الجانبية كالشموع والدهون من المستخلص بالتجميد تحت درجة حرارة منخفضة أو بالتحليل الكروماتوجرافي. يتم تعريف الفيرومون بطرق كيميائية ترمى إلى تحديد المجاميع الكيميائية الفعالة في جزىء الفيرومون، أو بطرق فيزيائية تعتمد على التحليل الطبيعي.

تعمل الفيرومونات الجنسية على ربط جنسي النوع الواحد تناسلياً لمنع ظاهرة التهجين hybridization، إذ تجذب فيرومونات الأنثى عادة ذكور نوعها. تستقبل الفيرومونات الجنسية بأعضاء حس للشم تتواجد على قرني الإستشعار، ويعتمد على الفيرومونات الأنثوية أكثر مما يعتمد على مثيلاتها الذكرية في مجال المكافحة البيولوجية، ذلك لأن للأولى تأثيراً يمتد إلى مسافات أطول مما تمده الثانية، ويشار إلى تأثير الفيرومونات إما على المستوى الكيميائي (كمركب أو خلائط مختلفة من المركبات)، أو الزمني بمعنى أن إنطلاق الفيرومون أو الإستجابة له، قد يحدث في دورات موسمية مثلاً، أو المكاني (أي لمدى معين من المساحة).

يمكن بعد تعريف التركيب الكيميائي للفيرومون إنتاجه صناعياً، وبكميات كبيرة تفي بدراسة خصائصه من حيث تأثيراته البيولوجية والفسيولوجية على سلوك الأنواع التي تنتجه طبيعياً، تسهم هذه الدراسة في النهاية في إيجاد وسائل إيجابية لقمع الآفات الحشرية فيرمونياً.

يمكن إستعمال الفيرومونات الجنسية في إتجاهين أحدهما حصر الكثافة العددية للآفة، والثانية المكافحة المباشرة لهذه الكائنات.

أ- **حصر الكثافة العددية للآفة**

يعتبر هذا الإتجاه هو الأكثر شيوعاً مقارنة بإستخدام الفيرومونات فى المكافحة المباشرة. من خلال هذا الإتجاه، تم مراقبة وتتبع تعداد جماهير الآفات الحشرية إثر إنجذابها لمصائد الفيرومونات الجنسية مبكراً وقبل أن يصل هذا التعداد إلى مستوى الضرر الذي تحدثه الآفة. يشكل هذا الإجراء حالياً، ضرورة لأي برنامج متقن لمكافحة الآفات الحشرية، إذ لا بد من توفر المعلومات الدقيقة عن ديناميكية تعداد عشائر الآفات بالحقل لإختيار أنسب توقيت وأفضل وسيلة للمكافحة بأقل تكلفة ممكنة، فقد تشير البيانات إلى الإكتفاء بالطرق الزراعية أو البيولوجية للمكافحة، أو بضرورة إيجاد إجراءات عاجلة للمكافحة الشاملة بواسطة المبيدات الكيميائية أو غيرها من طرق المكافحة وذلك لوجود مستوى عال من تعداد الآفة يتطلب الحماية الفورية للمحصول. لابد تحت ظروف حصر جماهير الآفات بإستخدام مصائد الفيرومونات، تأكيد العلاقة الكمية بين نتائج التعداد والحد الحرج الإقتصادي للآفة المستهدفة بالمكافحة. أستخدمت مركبات عديدة لهذا الغرض منها البروبيونات والأريجينول لحصر المساحات المصابة بالخنفساء اليابانية، ومركب كيو – لور لمراقبة ذبابة الفاكهة الشرقية، ومركب تراى ميدلور لمراقبة ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط، ومركب ديسبار لور لحصر الإصابة بفراشة الغجر، وحالياً تستخدم مصائد الفيرومونات في برامج المكافحة المتكاملة فى عديد من الدول للمراقبة والسيطرة على

آفات حشرية معينة بالإضافة إلى الحشرات السابقة ومنها سوسة اللوز، ودودة اللوز القرنفلية، ودودة اللوز الأمريكية، وديدان الذرة، والحشرة القشرية الحمراء، وسوسة النخيل الحمراء.

هناك نماذج عديدة من المصائد تستعمل لحصر جماهير الآفات الحشرية بالفيرومونات الجنسية منها:

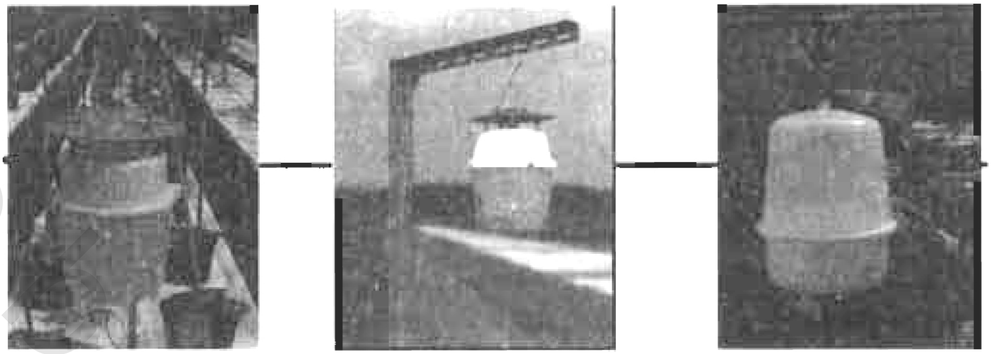
١- المصيدة المائية :

تتركب المصيدة المائية كما في شكل (١:٤) من حوض مستدير من الألومونيوم قطره ٣٥ سم وإرتفاعه ٩ سم ومثبت بمنتصف الخوصة المتواجدة أسفل الغطاء خطاف صغير تعلق به الكبسولة المحتوية على مادة الفيرومون الجاذب للذكور.

شكل (١:٤) يوضح شكل المصيدة المائية

٢- مصيدة القمع البلاستيكي :

تتركب هذه المصيدة (شكل ٤:٢- أ، ب، ج) من قمع بلاستيكي مقوى أصفر اللون، قطر فوهته ١٧ سم وقطر الفتحة السفلية ٢,٥ سم. ولهذا القمع حامل يلتحم بماسورة حديدية طولها ٧ سم تنزلق إلى أعلى وإلى أسفل على قائم معدني طوله ٩٠ سم ذي دواسة مثبتة قرب نهايته السفلية تسمح بإرتكاز المصيدة على سطح التربة، ويعلو فوهة القمع طبق من نفس مادته به خطاف تتدلى منه كبسولة الفيرومون.

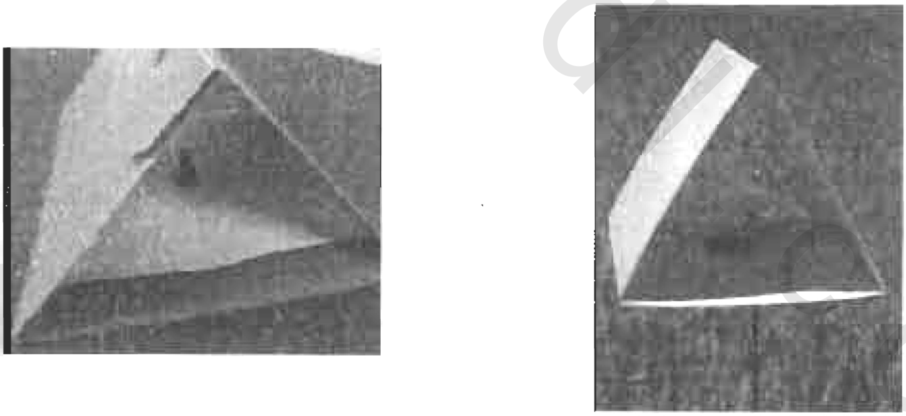


(ج) (ب) (أ)

شكل (٤:٢) بعض أشكال مصائد القمع البلاستيكي

٣-المصيدة اللاصقة المثلثة الشكل :

تتكون هذه المصيدة (شكل ٤:٣ ا، ب) من جدار من الورق المقوى والمثنى على هيئة قاع وجمالون معلق به خطاف كبسولة الفيرومون وعلى السطح الداخلي للجدار الورقي الموجه للكبسولة مادة لاصقة تتصيد الحشرات المنجذبة للفيرومون.



(ب) (أ)

شكل (٤:٣) بعض أشكال المصائد اللاصقة المثلثة الشكل

هذا وقد أستعملت حديثاً ثلاث نماذج من المستحضرات أعطت معدلات كافية من الإطلاق الفيرومونى. جهز الفيرومون الأول في صورة ألياف بلاستيكية مجوفة طولها حوالي ١٠ مم وقطرها الداخلي ٢ مم وشبعت بمادة الفيرومون بالخاصة الشعرية لتنطلق منها هذه المادة بالتبخر من خلال نهايتها المفتوحة. يتشكل النموذج الثاني من شرائح بلاستيكية رفيعة شبعت إحداها بمادة الفيرومون كي تحتضن بين شريحتين رفيعتين من البلاستيك يمكن من خلالهما انتشار الفيرومون بمعدل مناسب. ويحتاج أي من النموذجين إلى مادة لاصقة تلصقه بسطح النبات. يستلزم النموذج الثالث تجهيز مادة الفيرومون في صورة كبسولات دقيقة ذات غلاف جيلاتيني تنطلق منه هذه المادة بمعدل يمكن ضبطه من خلال سمك هذا الغلاف أو حجم الكبسولة أو تركيبها الداخلي.

ب- المكافحة المباشرة للآفات بواسطة الفيرومونات الجنسية:

يتطلب إستغلال الفيرومونات الجنسية في مكافحة الآفات الزراعية إحتياجات وتحفظات أكثر من تلك التي تتطلبها حصر الكثافة العددية للآفات بالفيرومونات، إذ تحتاج تلك المكافحة إلى معلومات أشمل عن بيولوجية وسلوكية الآفة المستهدفة وعلى تركيب وفاعلية الفيرومونات المراد إستعمالها. تستهدف المكافحة المباشرة بمصائد طعوم الفيرومونات الجنسية طريقتين هما الصيد الكمي، وتشتيت التزاوج.

١- الصيد الكمي بالفيرومونات :

أقترحت طرق عديدة لإستعمال الفيرومونات المختلفة للصيد الكمي لأفراد الآفة المستهدفة حيث طرحت وسائل علمية ومعايير نظرية للتنبؤ بفاعليتها. من المعروف أن الفيرومونات هى مواد غير سامة (بعكس المبيدات) ولكنها توقع الآفة في شراك الموت بوسائل أخرى مثل إلتصاق أفراد الحشرة بالسطح المصمغ بالمصيدة، أو اللزج للمصايد الورقية المثلثة التي إنجذبت إليها، وقد يرتبط إستعمال هذه المواد الفيرومونية بمصائد مائية، أو بمستحضرات مبيدات حشرية أو معقمات كيميائية، أو بوسائل طبيعية كالصعق الكهربائي للحشرات المتجمعة.

يمكن زيادة فاعلية الفيرومون بإضافة مواد كيميائية أو طبيعية منشطة أو حافظة لبقائها لمدة أطول. يمكن إستعمال مصائد الفيرومونات بكفاءة بوضعها عند مواقع معينة بالحقل حيث تعمل كحواجز تعيق تسرب الإصابات الخفيفة إلى المناطق الجديدة، أو تقضى على الآفة في بؤر خارج منطقة تواجدها على المحصول المستهدف مما يدفع بتقليل المساحة المصابة أو خفض نسبة الإصابة بصفة عامة أو بالتخلص من بقايا الأفراد التي هربت من المكافحة بوسائل أخرى.

٢ – تشتيت التزاوج بالفيرومونات

يعتمد أسلوب تشتيت تزاوج الآفة على إعاقة الإتصال الكيميائي بين جنسى الآفة المستهدفة بالمكافحة تحت الظروف الطبيعية مما يحول دون إستمرارية التزاوج والتكاثر. يتم ذلك بإطلاق تركيز عال من الفيرومون الأنثوي مما يؤدى إلى تشبع الهواء بكمية من المادة الفيرومونية تكفي لتقويض الإستجابة الطبيعية للذكور نحو الإناث غير المخصبة والمتاحة بهذا الوسط. ويعتقد أن المادة الفيرومونية، تحت مثل هذه الظروف، تحدث شللاً كاملاً للمستقبلات الحسية بقرون إستشعار الذكور نتيجة التعرض المستمر لتركيزات فيرومونية تعلو بكثير المستوى الطبيعي للفيرومون مما لا يتيح للذكور فترة كافية للبحث عن الأنثى رغبة في التزاوج، أو تحول دون الإستجابة إلى مستوى التركيز الفيرومونى الطبيعي الذي تنتجه الأنثى بالوسط (شكل ٤:٤). قد تستعمل مركبات كيميائية غير فيرومونية لتشتيت الإتصال الجنسي لكنها لا تعمل على جذب أفراد الآفة بل تقوم بمنع أو حجب أو إعتراض الإشارة الفيرومونية الصادرة من هذه الأفراد، وقد تحول هذه المركبات عند تشبع المحيط الهوائي بها، دون تحديد موقع الجنس الآخر.

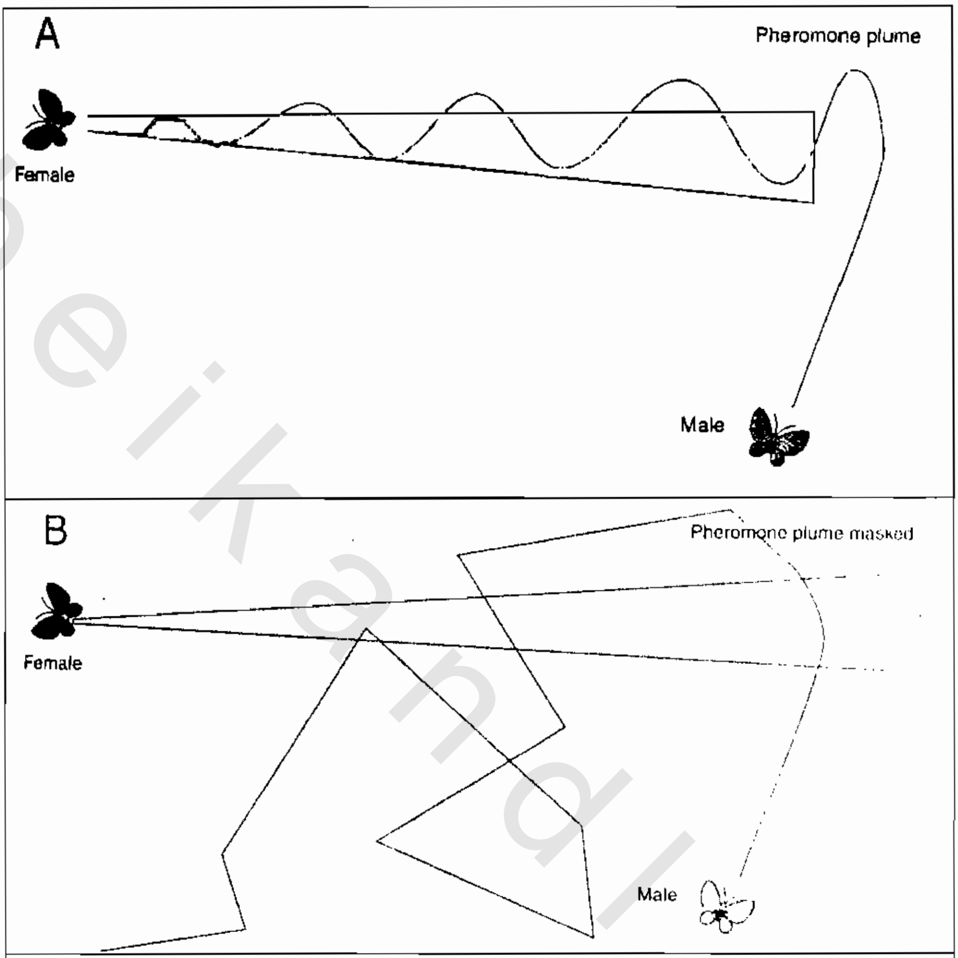
يتطلب إستعمال الفيرومونات الجنسية في تشتيت الإتصال الجنسي معلومات مكثفة عن بيولوجية وسلوكية الحشرة. من المهم للغاية معرفة الحقائق التي توضح خروج الحشرات الكاملة من طور العذراء وقدرتها على الإنتشار بعد ذلك وكذلك سلوك التزاوج.

يجب أن تتميز الفيرومونات التي تستعمل رشا بمعدل إنتشار عال ومتجانس أفقياً ورأسياً بالمحيط الهوائي، وأن تتجزأ بسرعة فور ملامستها النبات، ولذا يلزم خلط هذه الفيرومونات بمواد حاملة، أو ناشرة، أو بمستحضرات بطيئة الإنسياب، وقد يكتفي بوضع الفيرومون في عديد من المواقع الإستراتيجية بوسط الإنتشار. يجب أن تمر الفيرومونات، بالرغم من عدم سميتها، بإختبار الأمان تلافياً لما قد يترتب عن إستخدامها غير الرشيد من أضرار جانبية.

محددات نجاح إستخدام الفيرومونات فى تشتيت التزاوج.

- هجرة الإناث الملقحة إلى المنطقة المستهدفة بالمكافحة بواسطة الفيرومون الجنسى يقلل من تأثيرخفض تكاثر الآفة فى المنطقة. على هذا فإنه من المهم جداً أن تكون المنطقة المستهدفة بالمكافحة ذات مساحة كافية لإستيعاب تأثير الإناث الملقحة المهاجرة إليها.
- يعتمد نجاح هذا التكنيك على توصيل وصيانة وضمان توفر تركيز مناسب من الفيرومون الجنسى خلال كل المساحة المعاملة. وربما يكون هذا صعب التنفيذ تقنياً وإقتصادياً، والأصعب على الإطلاق هو نشر فيرومونات النيماتودا بالتربة.

- **الفيرومونات** الجنسية متخصصة للنوع وعلى ذلك فإنها تستخدم لمكافحة نوع معين من الآفات. فإذا ما تواجدت آفة أخرى بنفس المنطقة فإن ذلك الفيرومون لن يؤثر على خفض تعدادها، ولكن ربما يتيح الفيرومون الفرصة للأعداء الطبيعية لخفض تعداد تلك الآفات نظراً لعدم إستخدام المبيدات بالمنطقة.



شكل (٤:٤) يوضح كيفية عمل الفيرومونات الجنسية لتشتيت تزاوج الحشرات: (A) يصل الذكر إلى الأنثى ويتم التزاوج طبيعياً، (B) الذكر لا يستطيع الوصول إلى الأنثى ولا تلقيحها نتيجة لتشبع الجو بالفيرومون الجنسى الصناعى. المنطقة المظللة تدل على نطاق عمل وتشبع المنطقة بالفيرومون الجنسى.

ج- **إنجذاب الحشرات إلى الطعوم السامة:** تستعمل الفيرومونات حالياً مع المبيدات الكيميائية وذلك لجذب الحشرات إلى الطعوم السامة لقتلها. من أشهر الأمثلة على ذلك إستخدام الميثيل إيجينول مع مبيد ناليد لإستئصال ذبابة الفاكهة الشرقية بجزيرة روتا، ومركب كيو- لور مع نفس المبيد للسيطرة على ذبابة البطيخ في جزر هاواي، وإستئصال ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط بإستخدام طعم الخميرة ومبيد المالاثيون، كما يستخدم منذ فترة طويلة طعوم من النخالة والمولاس مسممة ببعض المبيدات الحشرية لمكافحة النطاطات والديدان القارضة وصراصير الغيط.

د- **أنجذاب الآفات إلى أماكن يوجد بها الممرضات الحشرية:** تستعمل الفيرومونات حالياً في المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية عن طريق جذب هذه الآفات إلى مواقع خاصة حيث تلاصق عاملاً ممرضاً entomopathogen تنقله بعدئذ إلى مجتمع الحشرة الطبيعي مؤدية إلى هلاكه.

هـ- **إستخدام الجاذبات لتركيز وتجمع الآفة** في منطقة محددة ثم معاملتها بالمبيدات الحشرية المناسبة أو إستخدام الطرق الزراعية.

ن- **إستخدام الفيرومونات في برامج التعقيم للحشرات المتوطنة** وذلك لجذب الحشرات إلى مصدر المعقمات الكيميائية.

و- **إستخدام الفيرومونات المنبهة لإثارة الحشرات** مما يجعلها أكثر عرضة للمبيدات، وعلى سبيل المثال تتزايد فاعلية المبيدات الحشرية بالملامسة ضد حشرات المن بتطبيق الفيرومون المنبه فارنسين على النباتات المعاملة بالمبيدات، مما يعمل على إثارة المن ويدفعه للتحرك من السطح السفلي للأوراق وبالتالي التعرض لمزيد من المادة السامة.

ى- **الحد من أضرار المبيدات** تجاه بعض الحشرات النافعة والملقحات الحشرية مثل نحل العسل، فقد وجد أن رش المحصول المعد لإنتاج زيت بذرة اللفت بواسطة الفيرومون المنبه لنحل العسل قبل رش المبيد يؤدى إلى مغادرة أعداد كبيرة من النحل المحصول وبالتالي الإقلال من الضرر الواقع عليها نتيجة الرش.

أسباب فشل الفيرومونات في مكافحة الآفات الحشرية:

لم يحقق الإعتماد على الفيرومونات نجاحاً ملحوظاً في مكافحة كثير من الآفات الحشرية، وقد يرجع ذلك إلى عدة عوامل أهمها:-

١- نقص المعلومات المتاحة عن سلوك الحشرة.

٢- إجراء عملية المكافحة بالفيرومونات في وجود تعداد عال من الآفة الحشرية.

٣- توزيع المصائد في الحقل بطريقة خاطئة.

٤- التوقيت الخاطئ عند استخدام المكافحة بالفيرومونات.

٥- إجراء المكافحة بالفيرومونات فى أحد الحقول بينما لا يتم مكافحة الآفة فى الحقول المجاورة مما يؤدى إلى حدوث غزو حشري من مناطق أخرى مجاورة.

٦- من الأمور التى تتعلق بفشل إستخدام فيروموناً ما فى منطقة ما وفاعليته فى منطقة أخرى ما حدث بالنسبة للفيرومون الجنسى الخاص بحشرة دودة قرون اللوبيا *Etiella zinkenella*. أستخدم هذا الفيرومون فى مصر وبعض الدول الأوربية معطياً نتائج مرضية، ولكن عند إستعمال هذا الفيرومون بنفس مكوناته (أربع مركبات رئيسية) فى اليابان لم يعط نتائج مرضية. وعند إستخلاص الفيرومون الجنسى من جماهير هذه الآفة المتوطنة فى اليابان وتحليله كروماتوجرافياً، إتضح أن مكوناته هى خمس مركبات رئيسية وليست أربعة. وبإضافة هذا المركب الخامس إلى الفيرومون الأصلى المصنع تجارياً كانت المفاجأة أن زادت فاعلية هذا الفيرومون فى اليابان. ويعتقد أن هذا الإختلاف ربما يعزى إما إلى عدم دقة تحليل الفيرومون الجنسى المصنع تجارياً فى الأسواق أو إلى إختلاف جماهير تلك الآفة فى كل من اليابان والدول الأخرى.

ثانياً:الأليلوكيميائيات (الكيميائيات الأليلية) Allelochmicals

تم إستخدام هذا المصطلح بواسطة وايتكر Whittaker ، ١٩٧٠ على أنها "**الكيميائيات التى تتوسط تفاعلات معينة بين كائنات من أنواع تقسيمية مختلفة**"

وهناك حتى الآن أربعة أنواع من هذه الكيميائيات

١- الألومونات	Allomones
٢-الكيرومونات	Kairomones
٣ - الجاذبات النباتية	Synomones
٤ - الأبنيومونات	Apneumones

أعتمد فى هذا التصنيف على درجة الإستفادة أو الضرر التى تلحق بالكائن المفرز (الباعث) emitter وكذلك الكائن المستقبل receiver ويمكن تلخيصها كما يلى فى جدول رقم (١:٤).

opeikanal.com

جدول (٤:١) مدى النفع أو الضرر الذى يلحق بالكائنات الحية نتيجة لإرسال أو إستقبال الأليلوكيمائيات.

المادة	الكائن المفرز (الباعث)	الكائن المستقبل
١- الألومونات	إستفادة	ضرر
٢-الكيرومونات	ضرر	إستفادة
٣ - الجاذبات النباتية	إستفادة	إستفادة
٤ - الأبنيومونات	-	إستفادة

(١) الألومونات Allomones

وهى المواد التى تنتج أو تكتسب بواسطة كائن ما، وعندما تلامس أو تستقبل بواسطة أفراد من أنواع تقسيمية أخرى فى البيئة الطبيعية يظهر فى الكائن المستقبل إستجابات فسيولوجية وسلوكية تكون نافعة للكائن المفرز وليس للكائن المستقبل.

هناك العديد من الأمثلة لتلك المجموعة منها السموم الحشرية التى تعتبر من هذا النوع من الكيميائيات مثل السموم التى تستخدم فى القبض على الفريسة prey capture، وكذلك الدفاع عند الإفتراس حيث تقذف بعض الحشرات بمواد كيميائية معينة لطرد المفترسات والطفيليات ومنعها من مهاجمتها. كذلك فإن الدبور *Mischoocyttarus derwseni* يضع إفرازاً معيناً فى سيقان العش الخاص به ليطرد النمل. أيضاً فإن اليرقات التابعة لعائلة Popilionidae تمتلك غدة رقبية تنتج مادة دفاعية عند حدوث مضايقات لليرقات فى المكان الذى تتواجد فيه المضايقة. علاوة على ذلك فإن مثل هذه المواد يمكن أن تلعب دوراً دفاعياً للنبات لتحميه من الحشرات العاشبة. لا تستخدم الألومونات فقط فى الدفاع ولكن تستخدمها أيضاً بعض المفترسات لجذب الفرائس.

هناك أيضاً العديد من المواد الثانوية التى تلعب دوراً أساسياً فى ميكانيكية الدفاع عن النباتات والتى تجعل الحشرات العاشبة تترك التغذية لأسباب متعددة منها عدم الملائمة لنمو الحضنة والتأثير على الخصوبة والمبايض وعدم الإستساغة وكذلك نسبة البقاء لأفراد العشيرة.

أعتمد قديماً مصطلح المواد الطاردة repellents ليشير إلى مانعات التغذية ولكن المواد مانعة التغذية لا تعنى الطرد بدليل أن الحشرة لا تبتعد عن السطح المعامل. وعموماً فإن مانعات التغذية هى عبارة عن المواد الكيميائية التى تمنع بدء أو إستمرار الحشرات فى التغذية على العائل، وهذه المواد غالباً ما تكون فعالة عند التركيزات المنخفضة منها، وقد تكون مواد مانعة التغذية لحشرة

معينة هى منبهات للتغذية لحشرة أخرى، فعلى سبيل المثال وجد أن المواد مانعة التغذية للجراد الإفريقى هى منبهات للتغذية للجراد الصحراوى. وعموماً فإن إختيار الحشرات لعوائلها المناسبة يعتمد بصفة أساسية على توزيع الكيميائيات الطاردة والمانعة للتغذية فى المملكة النباتية. وتعتبر الحشرات عديدة العوائل polyphagous insects أقل حساسية تجاه مانعات التغذية عند مقارنتها بالحشرات محدودة العوائل أو وحيدة العائل.

التأثيرات المختلفة لمانعات التغذية

١- التأثير العقمى sterilization effects

أظهرت الدراسات الحديثة أن بعض مركبات مانعات التغذية لها تأثير عقمى للحشرات المتغذية عليها. فعلى سبيل المثال يكون لبعض مركبات القصدير العضوية أثر عقمى للذباب، وكذلك مركب الديوتير يكون له أثر عقمى لدودة ورق القطن الكبرى وكذلك دودة اللوز الشوكية.

٢- التأثير على معدل إستهلاك الأكسجين effect on oxygen consumption

من المتعارف عليه أن معدل إستهلاك الأكسجين يزداد فى بداية عمر اليرقة ثم يتناقص تدريجياً كلما تقدمت اليرقة فى العمر. وجد أن زيادة تركيز الأكسجين يضر ضرراً بالغاً بالحشرات إذ أظهرت الدراسات أن مركب الديوتير يقلل من معدل التنفس ليرقات دودة ورق القطن المغذاة على ذلك المركب مقارنة باليرقات الطبيعية.

٣-التأثير على المحتوى البروتينى effect on protein contents

أظهرت الدراسات التى أجريت على دودة ورق القطن أن مركب الديوتير يؤدى إلى إنخفاض المحتوى البروتينى للإناث بنسبة ٦٧% وللذكور بنسبة ٥٥%، كما يخفض نفس المركب من تركيزالأحماض الأمينية فى يرقات وعذارى ذبابة الفاكهة.

٤- التأثير على تمثيل الكربوهيدرات effect on carbohydrate metabolites

تؤثر مانعات التغذية على تحلل الكربوهيدرات فى الكائنات المعاملة، فعلى سبيل المثال وجد أن مركب الديوتير يخفض من السكريات المختزلة فى يرقات وعذارى ذبابة الفاكهة، كما أن معاملة القواقع المائية بهذا المركب ينبه عمليات تحلل الجلوكوز إلى حمض اللاكتيك ويقلل من تركيز الجليكوجين.

٥- التأثير على مصادر الطاقة effect on energy production

تعمل مانعات التغذية على وقف ADP (oxidative phosphorylation) حيث توقف تدخل الفوسفور غير العضوى فى تكوين ATP (adenosin tri phosphate).

تتميز مانعات التغذية بأنها محدودة الضرر على الأعداء الطبيعية والملقحات الحشرية وكذلك إنخفاض سميتها للإنسان أو للنباتات المعاملة مقارنة بالمبيدات الأخرى. كما أن الحشرات غالباً ما تتوقف عن التغذية على النباتات المعاملة فوراً. كما أنه يمكن خلطها مع المبيدات الأخرى بل وقد تزيد من فاعليتها فى كثير من الأحيان. وأخيراً فإن الحشرات قد تظهر صفة المقاومة لتلك المركبات ولكن بصورة بطيئة نسبياً مقارنة بالمبيدات الحشرية الأخرى.

(٢) الكيرومونات Kairomones

كلمة كيرومون مشتقه من كلمة kairos ومعناها إستغلال أو إنتهاز opportunistic، وهذه الكلمه تم إستخدامها بواسطة براون Brown وآخرون ، ١٩٧٠، وتم تعريفها على أنها مادة أو مواد تفرز أو تكتسب بواسطة كائن ما وعندما تتلامس فى الطبيعة مع كائن من نوع تقسيمى آخر فإن الكائن المستقبل يظهر إستجابات فسيولوجية وسلوكية تكون مفيدة ونافعة بالنسبة له وغالباً ما تكون ضاره للكائن المفرز.

وقد إعترى مصطلح كيرومون كثيراً من الإعتراضات فى الآونة الأخيرة ولكن حتى الآن ما زال هو الأفضل والأكثر إستخداماً. هناك بعض المواد الكيميائية التى تشجع بعض الحيوانات للتغذية على النبات وفى هذه الحالة تكون هذه المواد طبقاً للتعريف هى كيرومون، بينما نفس المادة تعمل على طرد أو الإسراع فى ترك أنواع أخرى من الحشرات العاشبة للنباتات (مواد طاردة) وفى هذه الحالة تصنف علمياً كألومونات Allomones.

مصادر الكيرومونات

تم تسجيل أعداد هائلة من الأعداء الطبيعية التى تستخدم الكيرومونات فى عملية ملاقاة العائل host location وكذلك فى إختيارها للعائل host selection. تشتمل الكيرومونات أيضاً على مجموعة كبيرة من الجاذبات وكذا منبهات الإلتهام phagostimulants والتي تساعد المفترسات في إيجاد الضحية، وكذلك تساعد الحشرات العاشبة في أن تجد غذائها النباتي أي أنها رسائل كيميائية من كائن حي تفيد كائناً حي آخر. ولهذه الكيرومونات مصادر متعددة فى الحشرات سنركز هنا على بعض منها.

أ- جلود إنسلاخ العائل أو الضحية host/ prey exuviae

تعرف جلود الإنسلاخ على أنها طبقة جدار الجسم التى منها تخرج اليرقات، والحوريات، والحشرات الكاملة. يعتمد كثير من الأعداء الطبيعية (طفيليات، مفترسات) على الكيرومونات الموجودة فى جلود الإنسلاخ لتقودهم إلى ملاقاة عوائلها أو فرائسها، كما أن العديد من الطفيليات شوهدت وهى تتحسس جلود إنسلاخ العوائل التى خرجت منها وبالتالى تكتسب بعض الخبرة منذ اللحظة الأولى من فترة حياتها كحشرة كاملة من الروائح الخاصة بالعوائل التى سوف تبحث عنها طوال فترة حياتها.

أمثلة:

١- وجد أن الطفيل *Aphytis melinus* وعدد آخر من أنواع نفس الجنس يستجيب بقوة لمستخلصات مائية من أغطية covers عوائلها مثل الحشرة القشريه الحمراء.

٢- وجد أن السلوك البحثى لكل من المفترسين *Exochomus* sp. & *Diomus* sp. تأثر بقوة عندما لامست المفترسات أو تحسست جلود الإنسلاخ الخاصة بفرائسها (بق الكاسافا الدقيقى) *Phenococcus manihoti*، ووجد أيضاً أن جلود الإنسلاخ أمسكت المفترسات فى المكان المتواجدة فيها، فيما يسمى بالإستجابة الإستقرارية arrestment response.

٣- وجد أن مادة 2,5 dialkyltetrahydrofurans المتواجدة فى كل من براز وجلود إنسلاخ يرقات حشرة *Mythimna* (*Pseudalatia*) *separata* لها تأثير قوى على طفيليات هذه الحشرة إذ أدت إلى زيادة الكفاءة البحثية للطفيل *Cotesia kariyai* بالإضافة إلى زيادة إستعمال آلة وضع بيض الطفيل إستعداداً للتطفل.

٤- عند إختبار جلود الإنسلاخ الخاصة ببعض أنواع المن فى جهاز مقياس الشم olfactometer مع الطفيل *Aphidius ervi*، وجد أن الطفيل إستجاب بقوة إلى جلود الإنسلاخ ولكن فى نطاق محدود المسافة.

٥- فى طفيليات الذبابة البيضاء، وجد أن طفيل *Encarsia formosa* يتغير سلوكه البحثى من السلوك العشوائى random إلى سلوك أكثر تركيزاً ودوراناً حول نفسه selfgroom عند تحسسه جلود الإنسلاخ الخاصة بعوائله *Bemisia tabaci*، *Trialeurodes voporariorum*. وأن السلوك البحثى للطفيل إزداد أكثر من عشرين ضعفاً علي النباتات المتواجد عليها الندوة العسلية وجلود الإنسلاخ مقارنة بالنباتات النظيفة الخالية من تلك المواد. وجد أيضاً أن المستخلص المائى لجلود إنسلاخ الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* أظهر إستجابة للإستبقاء

arrestment response بطريقة جيدة عند معاملتها على ورقة ترشيح وأن مدة بقاء الطفيل على مثل هذه الأوراق المعاملة كانت أطول من المقارنة، وأن كلاً من الطفيل *Eretmocerus* sp. والطفيل *Encarsia bimaculata* يستخدم جلود إنسلاخ عائله فى الوصول إليه خاصة على النباتات المصابة.

٦- وجد أن الطفيل *Microplitis demilitor* (وهو طفيل يهاجم يرقات دودة كيزان الذرة) المربى على عوائل متغذية على نبات ما يستجيب جيداً للروائح المنبعثة من النبات المصاب بالعائل. تحدث هذه الإستجابة فقط فيما لو سمح للطفيل أن يخرج طبيعياً من شرنقته، لكن لو قطعت الشرنقة وأزيلت فإن إستجابة الطفيل تكون ضعيفة للروائح المنبعثة من النباتات. ويتحسن رد الفعل والإستجابة فقط إذا سمح للطفيل بالمشى وملامسة شرنقته بقرون إستشعاره. مما لا شك فيه أن الشرانق تحتوى على روائح من العائل ومن النباتات التى يتغذى عليها العائل. ومن هنا فإن هذه الحالات المبدأية هى التى تمد بالخبرة التى تساعد الطفيليات فى الوصول إلى عوائلها.

وعلى الرغم من هذا الدور الهام الذى تلعبه جلود الإنسلاخ كمصدر للكيرومونات ومن ثم المساعدة فى وصول العدو الحيوى لعائله، إلا أنه فى بعض الحالات قد تلعب دوراً معاكساً من حيث حماية الحشرات المتغذية نباتياً من مهاجمة أعدائها الطبيعية. على سبيل المثال، تحتفظ حوريات الذبابة البيضاء *Aleyrodes singularis* بجلود الإنسلاخ على الجسم كأداة واقية من مهاجمه الطفيل *Encarsia inaron*. ووجد أن بعض المواد الكيميائية الموجودة فى جلود الإنسلاخ تلعب دوراً هاماً كمادة طاردة repellent or allomones عن طريق طرد الأعداء الطبيعية وبالتالى حماية الآفات الحشرية من الأعداء الطبيعية.

ب- براز الحشرات Fecal products (faeces)

يعتمد نجاح معظم الطفيليات والمفترسات فى الوصول لعوائلها أو فرائسها على نجاحها فى إكتشاف كل الأدلة الدالة على وجود العائل ومنها براز العائل. أظهرت بعض الدراسات الحديثة أن معظم الطفيليات تستخدم براز العائل كمصدر للكيرومون قصير المدى short range kairomone فى حين يعتمد عليه البعض الآخر ككيرومون طويل المدى long range kairomone. ولعل من الغريب أيضاً قدرة الطفيل *Microplitis crocepis* على التمييز بين براز عائله *Heliothis zea* وبراز العوائل الحشرية الأخرى التابعة لنفس العائلة الحشرية (Noctuidae). أما الطفيل *Microplitis demolitor* فقد كان أكثر قدرة على التمييز والتفريق بين براز عائله الذى تم تربيته

على عائل نباتى وذلك الناتج من يرقات تم تربيتها على بيئة صناعية، مما يوضح مدى الدور الذى يلعبه العائل النباتى فى التركيب الكيماوى لبراز الحشرات وبالتالى التأثير على الأعداء الطبيعية. أيضاً وجد أن الطفيل *M. demolitor* عندما عرض لبراز عائله *Heliothis zea* المربى على عوائل نباتية مختلفة أظهر تفضيلاً لبعض العوائل النباتية دون الأخرى. ليس هذا فحسب، بل عند تعريض الطفيل قبل التجارب لبراز عائله أدى إلى تحسين سلوكه البحثى وإختصار المدة التى يأخذها حتى الوصول للعائل. ولقد وجد أن مادة 1.3 methylentri contane هى المادة الفعالة والجاذبة للطفيل فى براز *H. zea*. أيضاً وجد أن الطفيل *Omyzus gallerucae* (طفيل بيضة على خنفساء ورق الدردار *Xanthogalleruca luteata*) يستخدم كل من الجاذبات النباتية وكذلك الكيرومونات الصادرة من العائل الحشرى فى الوصول للعائل، وقد ثبت فى إختبارات على ورق ترشيح معامل بمستخلص من براز كلاً من الحشرتين*X. luteata*، *X. lutealata* ، قدرة الطفيل على التمييز بينهما، وإنجذابه فقط لبراز عائله *X. luteata* وذلك عند الملامسة بواسطة قرون الإستشعار. تم تسجيل نفس السلوك فى الطفيل *Cotesia kariyai*، حيث عند رش نباتات الذرة بمركب 2,5 dialkyltetrahydrofuran (المادة الجاذبة فى براز عائله *Mythimna separate*)، زاد معدل التطفل على اليرقات الموجودة على النباتات المعاملة بدرجة معنوية عالية مقارنة بالكنترول.

ج- فيرومونات العائل Host pheromones

سنتطرق هنا فقط إلى قدرة الطفيليات على إكتشاف وإستخدام الفيرومونات الخاصة بعوائلها للوصول إليها. فقد ذكر أنه فى بعض الحالات لا يستطيع الطفيل الحصول على أية معلومات مفيدة من خلال الأطوار غير الكاملة للعائل، وبالتالى تعتمد تلك الطفيليات على الأطوار الكاملة لعوائلها للوصول للطور المناسب للتطفل. مثال على ذلك، إنجذاب الطفيل *Trichopoda pennipes* (Tachinidae) للفيرومون الجنسى الذى يفرزه ذكر البقة الخضراء *Nezara viridula* وذلك لجذب أنثاه من أجل التزاوج حيث يجذب ذلك الفيرومون كل من إناث البقة الخضراء والطفيل معاً.

أما فى حالة ذبابة الفاكهة، فقد وجد أن فيرومون تعليم العائل host marking pheromone الذى تتركه إناث ذبابة الفاكهة على الثمار التى تم وضع البيض فيها لتمييزها عن الثمار السليمة التى لم تهاجم بعد، يمكن أيضاً إكتشافه وإستخدامه بواسطة الطفيليات للوصول للعائل. على سبيل المثال ثبت أن طفيليات البيض واليرقات الصغيرة لذباب الفاكهة تستجيب لفيرومون تعليم العائل وتستخدمه ككيرومون خلال بحثها عن العائل. وجد أيضاً أن تلك الطفيليات تبحث وتفحص الثمار

المصابة أو المعلمة infested or marked fruits بصورة أكثر منها فى الثمار السليمة un-marked or healthy fruits، وقد وجد أن نفس الإستراتيجية تستخدمها الأعداء الطبيعية المرتبطة بخنافس القلف التى تستجيب لفيرومونات التجمع aggregated pheromone وإستخدامه ككيرومون لملاقاة العائل.

د- إفرازات الغدد المساعدة Accessory gland secretions

تفرز الغدد المساعدة فى كثير من إناث الحشرات لرتب مختلفة خاصة ناقصة التشكل إفرازات لاصقة عند وضع البيض وذلك إما لجمع البيض معاً او لزيادة إلتصاق البيض بالأسطح الموضوع عليها، وبإستثناء بعض الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة فإن التركيب الكيميائى لهذه الإفرازات غير معروف بدقة.

ثبت أن بعض الطفيليات الحشرية تستخدم مثل هذه المواد اللاصقة ككيروموناً أثناء البحث عن العائل. على سبيل المثال، فقد ثبت أن الطفيل *Telenomus heliothidis* يستخدم إفرازات الغدد المساعدة المفرزة مع بيض من النوعين *Heliothis zea* و *H. virescens* كماده كيرومونية للوصول للعائل. أيضا ثبت أن ذلك الطفيل يستطيع التمييز بين إفرازات كل من كلا العائلين السابقين وإفرازات الغدد المساعدة لحشرة ليست من ضمن عوائله وهى حشرة *Spodoptera frugiperda*. وقد وجد أن تركيب البروتين فى إفرازات كلا النوعين *H. virescens* و *H. zea* متشابة تماماً ولكنه يختلف تماماً مع بروتين إفراز حشرة *S. frugiperda* ، لذا يرجع الإختلاف فى إنجذاب وإستجابة الطفيل إلى الإختلاف فى التركيب البروتينى. على العكس من ذلك، فقد وجد أن إفرازات الغدد المساعدة فى كل من حشرتى *S. frugiperda* و *H. zea* قد أثرت بشكل ملحوظ على تعرف الطفيل *Trichogramma pretiosum* والطفيل *Telenomus remus* لعوائلهما. أظهرت النتائج أيضاً أن المواد المفرزة من الغدد المساعدة فى حشرة *S. frugiperda* قد شجعت وحثت الطفيل *T. remus* لإستخدام ودفع آلة وضع البيض بينما لم يحدث ذلك فى حالة الطفيل *T. pretiosum*. أما فى حالة إفرازات الغدد المساعدة لحشرة *H. zea* فقد أحدثت و أظهرت إستجابة للطفيل *T. pretiosum* بينما لم يحدث ذلك فى الطفيل *T. remus* مما يوضح الدور الذى تلعبه مثل هذه الإفرازات فى تعرف الطفيليات ووصولها لعوائلها.

هـ- حراشيف الحشرات Insect scales

تترك كثير من الحشرات وأبى دقيقيات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة بعضاً من حراشيفها فى مكان وضع البيض عند مغادرتها لمكان العائل النباتى أو مكان وضع البيض، وقد وجد أن

مثل هذه الحراشيف يعتبر مصدراً هاماً لوصول كثير من الطفيليات التى تهاجم مثل هذه الحشرات. فى حاله الطفيل *Trichogramma evanescens*، على سبيل المثال، وجد أن تعريض الإناث، قبل إستخدامها فى التجارب، لكل من الحراشيف أو مستخلص الهيكسان للحراشيف أزاد من الكفاءة البحثية للطفيل وبالتالى زيادة نسبة التطفل. أيضا فى حاله طفيل البيضة – يرقة *Chelonus* sp. (Braconidae)، فقد أظهر الطفيل سلوك وإستعداد جيد لوضع البيض وذلك عند تعرضه لمستخلصات ستة أنواع من حراشيف حشرات حرشفية الأجنحة (من ثلاث عائلات) بعضهم ليس من ضمن عوائل الطفيل. ويعتقد أن مثل هذه الإستجابة الواسعة للحراشيف ربما تكون غريزية innate أو داخلية intrinsic responsc وقد تتسبب فى بعض الحالات فى إضاعة وقت الطفيل المحدود جداً فى تحسس مناطق بها حراشيف ليست بحراشيف عوائلها.

و- الندوة العسلية Honeydew

الندوة العسلية هى محلول مائى لزج غنى بالكربوهيدرات وفقير فى البروتين والفيتامينات يتم إخراجه بواسطة الحشرات الثاقبة الماصة من رتبتى نصفية الأجنحة Hemiptera ومتشابهة الأجنحة Homoptera المتغذية على لحاء كثير من النباتات. من المعروف أن مثل هذه الحشرات تلجأ إلى إخراج هذه الندوة العسلية لضبط نسبة الكربوهيدارت / البروتين بما يتناسب مع إحتياجاتها الغذائية. عند إخراج الندوة العسلية فإنها تنساب على الأوراق السفلى (غالباً السطح العلوى) والبراعم والثمار مما يتسبب فى سهولة نمو فطريات العفن الهبابى (العفن الأسود)، وبالتالى التقليل من عملية البناء الضوئى علاوة على أن وجود مثل هذه المواد على الثمار من الخضر والفاكهة يقلل من جودة المنتج وتقليل قيمته التسويقية.

تحتوى الندوة العسلية على نسبة كبيرة من الكربوهيدرات وقليل من الأحماض الأمينية (بروتين) وبعض الفيتامينات والأملاح المعدنية إلا أنه ليس هناك ندوة عسلية واحدة تحتوى على كل الأحماض الأمينية العشرة الأساسية essential amino acid مما يجعلها، رغم سهولة الحصول عليها بواسطة الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات، وجبة غذائية غير متكاملة. عموماً ففى مجال المكافحة البيولوجية وجد أن الندوة العسلية لها دور هام وبارز من حيث العلاقة بالأعداء الطبيعية ودورها فى أن تكون مصدراً غذائياً أو كمصدراً كيرومونياً يستخدم بواسطة الأعداء الطبيعية كحافز بحثى searching stimulant أو حافز لوضع البيض ovipositional stimulant. وجد فى كل الحالات أن فترة بقاء الأعداء الطبيعية فى البؤر patches التى يتواجد فيها الندوة العسلية كانت أطول بكثير من المناطق أو النباتات التى لا تحتوى على الندوة العسلية. فعلى سبيل المثال،

وجد أنه بمجرد ملامسة الطفيل *Encarsia formosa* المتطفل على الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* للندوة العسلية فإن سلوكه البحثى يتغير من حالة عشوائية إلى حالة أكثر تركيزاً وذلك كدليل على وجود العائل فى المناطق المحيطة، وأن فترة بقاء الطفيل على النباتات المصابة بالذبابة البيضاء والمتوفرة عليها الندوة العسلية كانت أطول من ٢-١٠ مرات عنها فى حالة النباتات غير المصابة. أيضاً وجد أن إستجابة الطفيل *E. bimaculata* للندوة العسلية المفرزة من الذبابة البيضاء *B. tabaci* كانت مرتبطة بالتركيز concentration-dependent response فكلما زاد تركيز الندوة العسلية طالت فترة بحث وبقاء الطفيل في المنطقة المحتوية عليها. بل أن الطفيل في كثير من الأحيان كان يطيل البحث أيضاً في المناطق المجاورة للمناطق المعاملة مما يؤكد على أن الطفيل معتاد على إستخدام الندوة العسلية كمصدر وحافز للبحث عن العائل. أيضاً فإن الطفيل *E. bimaculata* عند إطلاقه في مناطق معاملة بالندوة العسلية لعائله أظهر كل من الإستجابة orthokinetic response (تقليل سرعة المشي وزيادة فترات التوقف والدوران) وكذلك الإستجابة klinotactic response (الرجوع الى منطقة وجود الحافز عند فقدانه الملامسة معها).

أيضاً في بعض المفترسات مثل *Exocomus* sp. ، *Diomus* sp. فقد وجد أن كليهما قد إستخدم الندوة العسلية المفرزة من حشرة *Phenococcus manihati* ككيرومون للوصول للفريسة وأن المفترس أزاد من البحث في المناطق المتواجد بها الندوة العسلية.

ولعل أكثر الطفيليات التى تم دراسة علاقتها بالندوة العسلية أو إستخدامها لها على أساس أنها مصدر للكيرمون كانت طفيليات المن من جنسى *Aphelinus* و *Aphidius*. أظهرت الكثير من الدراسات الحديثة أن معظم هذه الطفيليات يستخدم الندوة العسلية كدليل قوى على وجود العائل فى تلك المناطق مما يزيد من زيادة القدرة البحثية فى تلك المناطق وبالتالى يزيد من فرصة مقابلة العائل وضمان حفظ النوع. ولعل من أهم استخدامات الندوة العسلية فى مجال معاملة أو معالجة البيئة الطبيعية للطفيليات environment manipulation كان متمثلاً في الأتي:-

أ- وجود الندوة العسلية في بعض الحالات يزيد من فرصة بقاء وبحث الطفيليات في بعض المناطق والحقول المعاملة بالمبيدات الحشرية وبالتالي الوصول إلي بقايا العائل التي لم تقتل بواسطة المبيد الحشري، فعلي سبيل المثال كان وجود الندوة العسلية كافياً بالنسبة للطفيل *Aphidius ervi* لكى يبحث عن عائله في المناطق المعاملة بالمبيدات.

ب- إستخدام الندوة العسلية الصناعية مثل محلول السكروز قد أطال من فترة بقاء الطفيليات والمفترسات داخل الحقول وكذلك أطال من فترة حياة الحشرة الكاملة وبالتالي زيادة نسبة

التطفل أو الإفتراس، وفي بعض الحالات زيادة نسبة التطفل حتى في الطفيليات غير المتطفلة علي حشرات ثاقبة ماصة، فعلي سبيل المثال، وجد أن رش محلول السكروز في حقول البرسيم أدى إلي زيادة نسبة التطفل بواسطة الطفيل *Bathyplectes carculionis* المتطفل على سوسة البرسيم.

جـ- يمكن إستخدام الندوة العسلية لجذب وسحب الأعداء الطبيعية من أحد الحقول التي تم أخذ القرار بمعاملتها بالمبيدات للقضاء علي إصابة حشرية معينة وبالتالي حماية الأعداء الطبيعية عن طريق سحبها pullout technique خارج الحقول المزمع معاملتها بالمبيدات. في هذه الحالة يتم رش الحقول المجاورة للحقل المزمع معاملته بالمبيدات بواسطة محلول سكرى (ندوة عسلية صناعية) وبالتالى تنتقل الأعداء الطبيعية إلى الحقل المعامل بالندوة العسلية وبعد ٢-٣ يوم يتم رش الحقل بالمبيدات الحشرية.

د- يؤدى معاملة بعض الحقول أو المساحات بواسطة الندوة العسلية الصناعية في بعض الحالات، إلي رفع كفاءة الأعداء الطبيعية وخفض نسبة الإصابة إلى حد غير متوقع حيث وجد أن معاملة بعض المساحات المنزرعة بالقطن بالندوة العسلية الصناعية أدى إلى زيادة أعداد المفترسات التابعه لعائلة Chrysopidae فى المنطقة المعاملة وزيادة نسبة البيض الموضوع بواسطة المفترسات، والأكثر من ذلك قد إنخفضت نسبة الإصابة بواسطة دودة لوز القطن نتيجة إفتراس المفترسات لبعض تلك الآفات، وأيضاً فى مزارع الخوخ زادت أعداد أسد المن *Chrysoperla carnea* بعد رش الحقول بالمحلول السكرى وإنخفضت معها نسبة الإصابة بحشرة من الخوخ *Myzus persicae*.

ظهرت بعض الآراء المتناقضة حول الدور الذى يمكن أن تلعبه الندوة العسلية (الصناعية أو الطبيعية) فى مجال معاملة أو معالجة بيئة الأعداء الطبيعية manipulation of natural enemy habitat على أساس أنه إذا حدث إنجذاب للعدو الطبيعى للندوة العسلية وزادت فترة البحث فى المناطق المتوفر فيها تلك الندوة، فإن ذلك يعتبر نقطة ضعف فى الطفيل وليست ميزة حيث أن الندوة العسلية قد تستمر وتبقى على النباتات المصابة على الرغم من مغادرة العائل أو الآفة للنبات أو إنتقالها الى طور أو عمر غير مناسب للتطفل أو الإفتراس بواسطة العدو الطبيعى. إلا أن هذا الرأى لا يمكن تطبيقه أو تعميمه على كل أنواع الأعداء الطبيعية وكذلك على كل الآفات الحشرية لعدة أسباب منها:

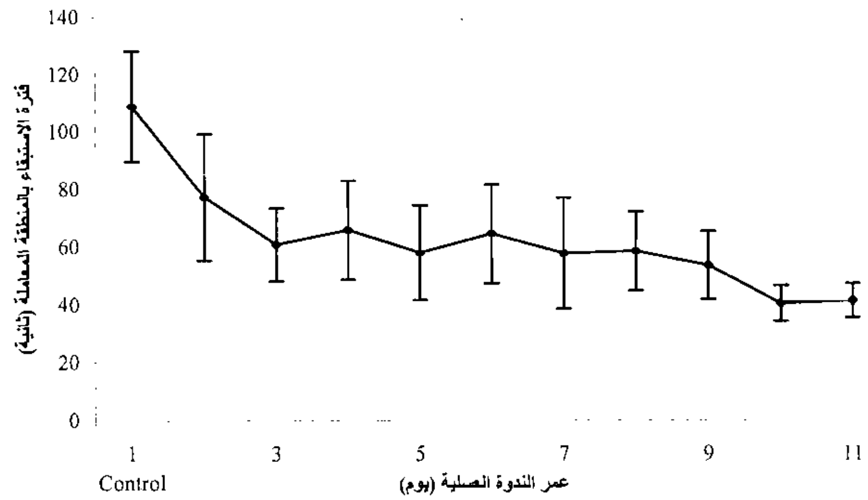
أ- أن إستجابة الأعداء الطبيعية للندوة العسلية تبدو داخلية أو غريزية حيث أن معظم الأعداء الطبيعية تعودت على الإستجابة للندوة العسلية.

ب- أن هناك بعض الطفيليات تستطيع التفريق بين الندوة العسلية المفرزة من العائل المفضل والعائل الأقل تفضيلاً بالإضافة إلى التفريق بين الندوة العسلية المفرزة من العائل الحشرى وتلك المفرزة بواسطة حشرة أخرى ليست عائله، فعلى سبيل المثال أظهر الطفيل *Encarsia formosa* تفضيلاً للندوة العسلية المفرزة من الحوريات أكثر من الحشرات الكاملة، بل ومن العمر الحورى الثالث والرابع عن العمر الحورى الأول والثانى لعائله ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum*، وفى كل الحالات كان يفضل الندوة العسلية المفرزة من ذبابة الصوب البيضاء عن الندوة العسلية من العائل الأقل تفضيلاً وهو *B. tabaci*.

جـ- وجد أن معظم الأعداء الطبيعية تستجيب وتستخدم الندوة العسلية فقط ككيرومون بالملامسة contact kairomone وبالتالى لا تستجيب له إلا عند ملامسته لها وبالتالى لن تنجذب له من مسافة بعيدة وبالتالى يكون مقدار الوقت المفقود أو الضائع ضئيل للغاية.

د- مثل هذه الآراء قد يكون من الجائز تطبيقها فى بعض العوائل الحشرية المتحركة mobile host والتى تفرز ندوة عسلية مثل المن، ولكن لايمكن تطبيقها أو تعميمها والأخذ بها فى حالة العوائل الحشرية الساكنة أو غير المتحركة المفرزه للندوة العسلية sessile or immobile hosts مثل الذبابة البيضاء، والحشرات القشرية خاصة بالنسبة للأطوار الغير كاملة.

هـ- أظهرت الدراسات أيضاً أن معظم الطفيليات تظهر جاذبية للندوة العسلية حديثة الإفراز وأن فترة البحث والبقاء فى تلك المواقع يقل كلما زاد عمر الندوة العسلية. كانت فترة نشاط الندوة العسلية ككيرومون هى ٣ أيام فقط فى حالة طفيليات المن من جنسي *Aphidius* و *Aphelinus*، و٧ أيام فى حالة الطفيل *Encarsia bimaculata* (شكل ٤:٥). ويرجع ذلك إلى أن التعرض للظروف البيئية من رياح وحرارة وميكروبات يساعد على تكسير هذه المركبات وقلة فاعليتها بعد فترة، بالإضافة إلى أن الأمطار تعمل على غسل وإزالة الندوة العسلية القديمة وبالتالى قلة تأثيرها على الطفيليات.



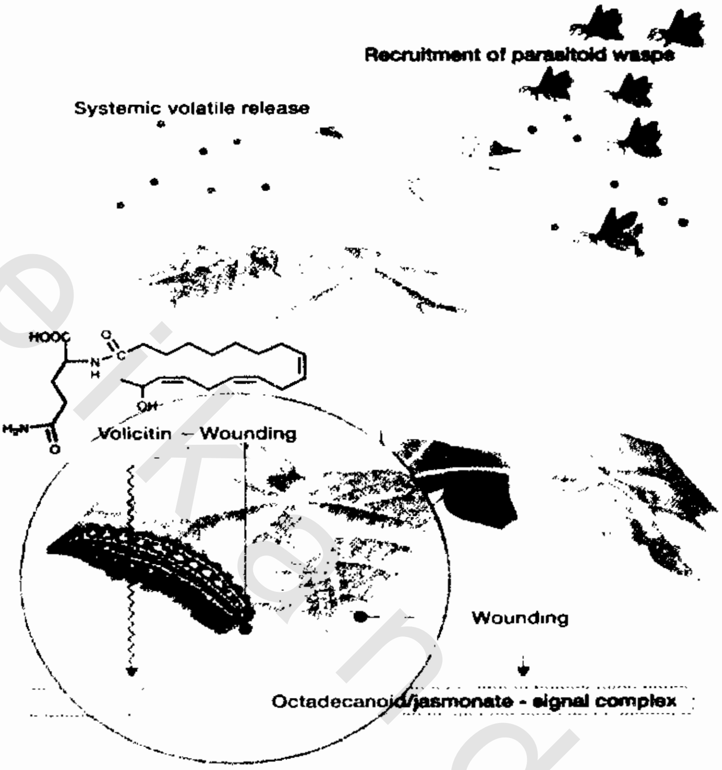
شكل (٥:٤) تغير إستجابة طفيل *E. bimaculata* للندوة العسلية لعائله بعداد فترات مختلفة من الإفراز (مندور وآخرون ، ٢٠٠٧).

(٣)- الجاذبات النباتية Plant synomones

تشتق كلمة Synomone من الكلمة (Syn) فى اللغة اليونانية ومعناها مع أو مرتبط مع Jointly. تم إستخدام هذا المصطلح لأول مرة عام ١٩٧٦ بواسطة العالمان نوردلوند ولويس Nordlund & Lewis. وقد تم تعريف الجاذبات النباتية على أنها مادة أو مواد كيميائية منتجة أو مكتسبة بواسطة كائن ما والتى عندما يحدث لها إتصال أو تلامس مع كائن آخر من نوع تقسيمى مختلف فى البيئة الطبيعية فإنها تحدث فى الكائن المستقبل تغيرات وإستجابات سلوكية وفسيولوجية تكون نافعة لكل من الكائن المستقبل والكائن الباعث على حد سواء، وبالتالى فهى علاقة تبادل منفعة.

عادة ما تطلق أوراق النبات كميات قليلة من المواد الكميائية المتطايرة، إذ يحتفظ النبات غير المصاب بمستوى خط قاعدى base line level من نواتج التمثيل المتطايرة التى تنساب من سطح النبات أو من مواقع التخزين فى الورقة أو منهما معاً ومثل هذه المركبات هى المسئولة عن إعطاء الرائحة المميزة لكل نوع نباتى. عندما يتعرض النبات لهجوم وتغذية حشرة عاشبة عليه، تنساب كميات أكبر من هذه المواد المتطايرة والتى يطلق عليها Herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) الذى تجذب كل من الحشرات الطفيلية والمفترسة كأعداء طبيعية لتلك الحشرة

العاشبة المهاجمة. تسمح مثل هذه المركبات المتطايرة التى تفرز كرد فعل للتلف التى تحدثه الحشرة العاشبة بأن تميز الحشرات الطفيلية والمفترسة النباتات المصابة المتواجدة بين مجموعة من نباتات غير مصابة مجاورة لها فى الحقل، وبذلك تساعد فى الوصول إلى العائل أو الفريسة (شكل ٤:٦).


Recruitment of parasitoid wasps
Systemic volatile release
HOOC
N
H
C
O
OH
H₂N
O
Volicitin ~ Wounding
Wounding
Octadecanoid/jasmonate - signal complex

شكل (٤:٦) رسم توضيحى لكيفية إنطلاق المواد المتطايرة من النبات وكيفية تأثيرها على الأعداء الطبيعية (عن Paré & Tumlinson ، ١٩٩٩).

أمكن معرفة هذه الإشارات النباتية التى تؤدى إلى تداخل نشط بين النباتات التى أضيرت بواسطة الحشرة العاشبة والمستوى الغذائى الثالث (الطفيليات والمفترسات) فى عديد من النظم الزراعية مثل نباتات الفاصوليا والتفاح التى تنتج مركبات متطايرة تجذب العناكب المفترسة عندما تهاجم بالعنكبوت الأحمر، وفى نباتات القطن والذرة التى تطلق المواد المتطايرة التى تجذب طفيليات غشائية الأجنحة التى تهاجم أنواع يرقات حرشفيات الأجنحة التى تهاجمها. على سبيل

المثال أظهرت الدراسات أن الطفيل *Cotesia glomerata* كان أكثر إنجذاباً للعوائل النباتية المصابة بيرقات عائله، أو تلك التى أصيبت بيرقات عائله بعد إزالة تلك اليرقات من على النباتات. وفى تجارب آخرى أجريت فى حقول الدخان، وجد أن الطفيل *Cacdiochiles nigriceps* أظهر تفضيلاً واسعاً وإعتماداً كاملاً فى ملاقاة عائله على الجاذبات النباتية المنطلقة من العائل النباتى المصاب بدودة براعم الدخان، كما كانت معدلات إستقرار إناث الطفيل على العائل النباتى المصاب مقارنة بتلك غير التالفة عالياً جداً، إذ وصلت إلى ٩٥% مقابل ٥% على الترتيب. ومن المدهش فى تجارب أجريت على نباتات القطن، أن الطفيل المتخصص *Microplitis croceipes* أمكنه التمييز بين النباتات المصابة بواسطة يرقات عائله *Heliothis virescens*، وبين تلك المصابة بيرقات حشرة عاشبة أخرى وهى *Helicoverpa zea* قريبة لها تقسيماً وليست بعائله. وجد أنه فى مثل تلك النباتات (القطن – الذرة – الدخان) ينتج مخلوطاً blend من المكونات المتطايرة الخاصة بنوع العاشب المهاجم كإستجابة لهذا النوع عند تغذيته على الأوراق، والتى يمكن تتبعها بواسطة الطفيل المتخصص. هذا وقد وجد أيضاً أن كمية المادة المفرزة من تلك المركبات ترتبط، فى كثير من الأحيان، إرتباطاً وثيقاً بكثافة الآفة المهاجمة. يتضح أهمية تلك المركبات فى وصول الطفيل إلى عائله فيما لو عرف أن مهمة أنثى الطفيل فى أن تتلاقى مع عائلها تكون غير مجدية فيما لو إعتمدت ببساطة على المنبهات البصرية. إذ، على العكس من الحشرات الملقحة مثلاً الباحثة عن زهور محددة المعالم، فإن الطفيليات تبحث عن عاشبات صغيرة الحجم غالباً، بعيدة عن الرؤية تختبئ فى الأسطح السفلية للأوراق ولذا تكون فرصة الطفيليات فى أن تجد عائلها بالبحث العشوائى بعيدة المنال، كما أن الرائحة الضعيفة التى تنبعث من الحشرة العاشبة ليست وحدها بالدرجة الكافية لجذب الطفيل.

يكون مفتاح إطلاق الإشارات النباتية اللازمة لسروح ناجح للطفيليات مرتبطاً بمواد فى الإفراز الفمى oral secretion للحشرة العاشبة. أظهرت الدراسات الحديثة أن إطلاقات المواد المتطايرة وغيرها من الإستجابات الدفاعية للنبات تُعضد potenited بمركب أو مركبات مرتبطة بتغذية الحشرة العاشبة والتى تسمح للنبات بأن يميز بين التجريح العام wounding (التلف الصناعى الميكانيكى الذي يحاكي ويضاهي ما تقوم به الآفات الحشرية) والتلف الناتج عن تغذية حشرات عاشبة. وجد فى حالة نبات القطن أن المواد المتطايرة التى تخلق، كإستجابة لإحداث جروح، تنساب بكميات أكبر كنتيجة لتغذية اليرقات عنها كنتيجة لحدوث تلف ميكانيكى بمفرده. وفى حالة نبات الدخان يكون تركيزات جزيئات حمض الجاسمونيك Jasmonic acid، كإشارات

دفاعية، الناتجة عن التلف الناتج عن تغذية يرقات الحشرة العاشبة أعلى منها كنتيجة للتلف الميكانيكى المحاكى لفعل اليرقة العاشبة.

أمكن، حتى الآن، تعريف أربع محفزات طبيعية من تلك المثيرات elicitors المتواجدة فى الإفرازات الفمية للحشرات العاشبة القارضة والتى تزيد من إنسياب المواد النباتية المتطايرة. **المحفز الأول** هو إنزيم بيتاجلوكوسيديز B-glucosidase المتواجد فى قئ regurgitant يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* والذى يحفز إطلاق المواد المتطايرة من نبات الكرنب كما يحدث تماماً عند تغذية تلك اليرقات على النباتات. وطالما أن نشاط هذا الإنزيم فى قئ الحشرة يتوقف retained فى حالة تغذية اليرقات على غذاء خال من هذا الأنزيم فإنه بالتالى لايمكن أن يكون من المشتقات الإنتاجية للنبات plant derived. ويظهر أن هذا الأنزيم يعمل على فك (فصل cleave) السكريات المرتبطة بالمركبات العضوية والتى تصبح عندئذ أكثر قابلية للإنطلاق والإنسياب.

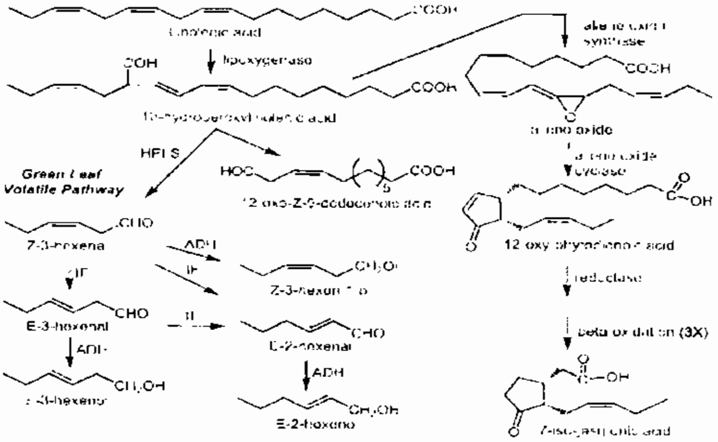
أما المحفز الثانى فهو مركب البروكينز (بنزيل سيانيد) bruchins,benzyl cyanide (الذى قد يكون مرتبطاً ببعض المركبات الآخرى التى لم يتم تعريفها بدقة) الذى يتم فصله من السوائل الملازمة لآلة وضع بيض إناث الحشرات العاشبة أثناء وضع البيض بالعائل النباتى، والذى قد يرتبط بنظام الدفاع المبكر للنبات early alarm defense ضد بيض الحشرات ويرقات العمر الأول.

أما **المحفز الثالث** فهو مركب السيليفيرنز celiferins الذى تم فصله من الإفراز الفمى oral secretions للنطاط الأمريكى *Schistocerca americana* والذى يحث النبات على إحداث إستجابات دفاعية defense responses أثناء مهاجمة الحشرات لنباتات الذرة المتغذى عليها.

أما المحفز الرابع، وهو الأهم، فهو مركب الفولستين volictin N-(17-hydroxylinolenoyl)-L-Gln) وهو مشتق لحمض دهنى–أمينى fatty acid-amino acid، ويتواجد هذا المحفز فى الإفرازات الفمية ليرقات دودة البنجر المدرعة والذى تسبب فى أن تطلق بادرات الذرة إشارات كيميائية متطايرة. أوضحت تحليلات الفولستين من ديدان البنجر المتغذية على بادرات ذُرة مشععة بالكربون ١٣ (13c- labeled corn seedlings) أن الديدان خلّقت هذا المحفز عن طريق إضافة مجموعة الهيدروكسى hydroxyl group والجلوتامين Gln إلى حمض اللينولنيك linolenic acid المتحصل عليه مباشرة من النبات الذى تتغذى عليه اليرقات. وعلى ذلك فإنه بالرغم من أن بادئ الفولستين precursor تم الحصول عليه من النبات، إلا أن المنتج النشط بيولوجيا وجد فقط فى اليرقة، وهذا يؤكد بقوة أن هذه الجزيئات تلعب دوراً هاماً، مازال غير معروف تماماً، فى

التمثيل أو فى بعض العمليات الأخرى الحرجة فى حياة الحشرات العاشبة. وبالرغم أنه من المعلوم من أن النبات يقدم provide حمض اللينولينك الضرورى لمعظم يرقات حرشفيات الأجنحة، لكن يظهر أنه من العوامل المحددة للحشرة detremintal to the insect لتحول كيميائياً هذا الحمض الدهنى إلى محفز ينبه دفاع النبات، ولو أنه ليس من المفهوم جيداً حتى الأن المضمون الكامل لهذه العملية.

لقد أقترح أن حمض الجاسمونيك Jasmonic acid المُنتج من حمض اللينولينيك عن طريق المسار الأكتاديكانويدى octadecanoid (شكل ٤:٧) هو المكون الرئيسى المنظم فى هذا التحول التتابعى transduction sequence الذى ينبه تخليق وإطلاق هذه المركبات المتطايرة بواسطة النباتات، كما أن هذه الجاسمونات jasmonates تحفز أيضاً العمليات الفسيولوجية والدفاعية الأخرى فى النباتات، وأن مرافقات conjugates حمض الجاسمونيك تسهم involved فى العمليات الفسيولوجية وعمليات النمو فى عديد من النباتات. ولذا فإن تركيب الفولستين يؤدى إلى الإقتراح بأن جزيئات المحفز تتداخل مع المسار الأوكتاديكونيدى فى النباتات التى تهاجم بواسطة الحشرات القارضة العاشبة. فى حالة الإصابة الميكانيكية الناتجة عن عمل خدوش وجروح فى النبات تضاهى وتحاكى ما تقوم به الحشرة العاشبة، فإن النبات لايظهر أى رد فعل ولايقوم بإفراز أى من تلك المواد الجاذبة، لكن عند إحداث مثل تلك الإصابات الميكانيكية المضاهية للإصابات الحقيقية مع حقن هذا النبات بالإفرازات الفمية للحشرة العاشبة القارضة، تقوم النباتات على الفور بإفراز تلك المواد المتطايرة الجاذبة للأعداء الطبيعية. تم تخليق هذا المركب صناعياً وتمت معاملة النباتات التي تم إحداث إصابة ميكانيكية بها، فكانت المفاجأة أن تلك النباتات قد أطلقت تلك الجاذبات النباتية والتي أثرت بالفعل على الأعداء الطبيعية. ومنذ ذلك الحين عرّف هذا المركب على أنه هو المركب الفعال في التفاعل والتواصل بين كائنات المستوى الغذائي الثالث tritrophic level وهي النباتات والحشرات العاشبة القارضة والأعداء الطبيعية المرتبطة بها. ظهرت بعد ذلك العديد من المقالات العلمية التي تؤيد ذلك. أطلق على مركب الفولستين فى العديد من المقالات العلمية أسم "درس من عالم النبات lesson from the plant world".



شكل (٧:٤) يوضح خطوات التحول التمثيلي لحمض اللينوليك إلى حمض الجاسمونيك (عن Paré & Tumlinson، ١٩٩٩).

أظهرت الدراسات أيضاً أن بعض تلك المواد المتطايرة لا تعطى فقط معلومات عامة عن نوع الحشرة العاشبة على العائل النباتى المصاب، لكنها ترسل أيضاً معلومات محددة عن الطور الحشرى أو العمر النامى للحشرة الذى يتواجد على النبات.

هناك أيضاً بعض الدرسات الممتعة عن الوقت الذى يتم فيه إطلاق تلك المواد خلال اليوم، وثبت بما لايدع مجالاً للشك أن معدل إطلاق تلك المواد يصل إلى ذروته خلال النهار daytime، خاصة بعد الظهيرة مباشرة early afternoon ويكون إطلاق تلك المواد فى الليل محدود للغاية. عزى السبب فى ذلك إلى أن هذا التوقيت مرتبط بالوقت الذى تبدأ فيه الأعداء الطبيعية فى السروح وهو خلال النهار. ظهرت خلال السنوات الأخيرة العديد من الدراسات والنظريات التى تربط ذلك التفسير بسلوك الطفيليات والمفترسات، وقد خلصت بعد تلك الإفتراضات إلى أن الأعداء الحيوية قد تعودت على البحث عن عوائلها أثناء النهار خلال فترة إنطلاق تلك المركبات الجاذبة لها من النباتات، علاوة على إستخدامها المنبهات البصرية خلال النهار والتى تساعدها على ملاقاة عوائلها، إلا أن هذا التفسير قد لا يكون مقبولاً فى بعض الأعداء الطبيعية التى تبحث عن عوائلها جزئياً أو كلياً أثناء الليل.

أكتشف أخيراً أن هناك مجموعة آخرى من المواد المتطايرة تُطلق بواسطة النباتات المصابة بآفة ما وذلك من أجل طرد او إبعاد إناث نفس النوع أو إناث حشرات عاشبة من أنواع

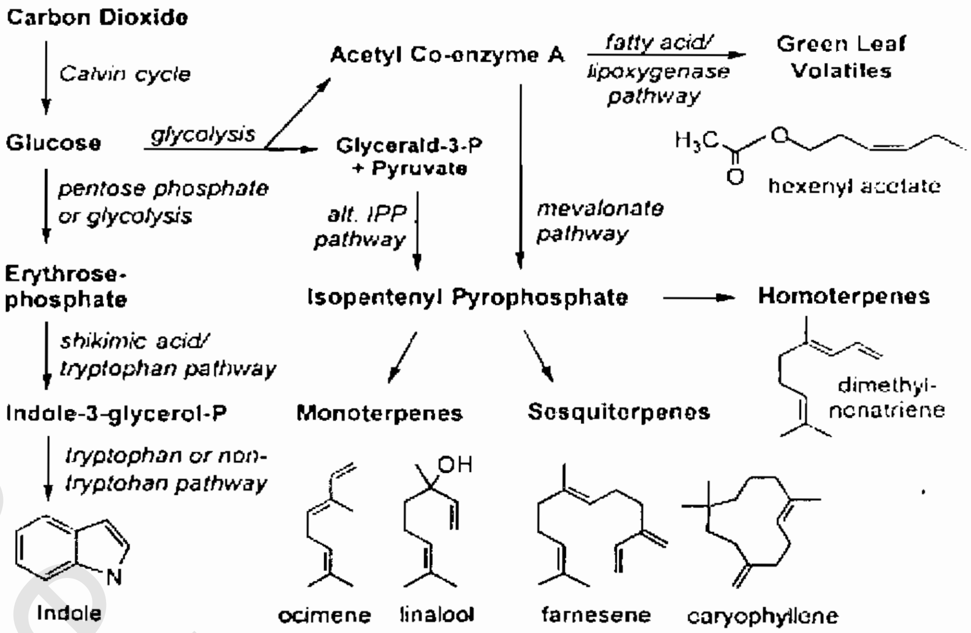
أخرى والراغبة فى وضع البيض ليلاً على النباتات المصابة وذلك للتقليل من درجة إصابة النبات والمنافسة عليه. على سبيل المثال، وجد أن إناث حشرة *Helicoverpa zea* عندما تم إطلاقها ليلاً داخل أقفاص للإختيار بين نباتات مصابة بيرقات نفس الحشرة أو نباتات سليمة، فقد إختارت كل الإناث النباتات السليمة. وقد عزى السبب لإنطلاق مجموعة من المركبات الدفاعية المتطايرة التى تستقبلها تلك الحشرات العاشبة فتبتعد عن مهاجمة مثل تلك النباتات. وجد أن إطلاق النباتات لتلك المركبات المتطايرة التى تعمل من جانب على جذب الطفيليات والمفترسات المهاجمة للآفة العاشبة، ومن جانب آخر تعمل على إبعاد غيرها من الحشرات العاشبة المنافسة من أجل الحد من شدة الإصابة على العائل النباتى، تكون ذات تكلفة معنوية بالنسبة للنبات القائم بإطلاق تلك المركبات حيث تؤثر سلباً على معدلات نمو النبات وبالتالى على كمية وجودة المحصول.

كان يعتقد حتى وقت قريب أن الحشرات الثاقبة الماصة مثل المن والذبابة البيضاء وكذلك المسببات المرضية مثل الفطريات والبكتريا، لا تحفز النبات أثناء تغذيتها لإطلاق مثل تلك الجاذبات النباتية، إلا أن الدراسات الحديثة أوضحت إمكانية إطلاق مثل تلك المركبات من خلال مسار حمض السلسيليك salicylic acid pathway، والذى يختلف عن مسار حمض الجاسمونيك jasmonic acid pathway المرتبط أساساً بالحشرات العاشبة القارضة.

بالإضافة إلى إنسياب المواد المتطايرة عند موقع تغذية الحشرة العاشبة، فقد أوضحت تحليلات إنطلاق المواد المتطايرة من أوراق غير تالفة من نباتات هوجمت بواسطة الحشرة أن هناك إستجابة جهازية systemic response. أظهرت الأوراق البعيدة عن موقع تغذية الحشرة العاشبة فى كل من نباتات القطن والذرة زيادة فى إنسياب المواد المتطايرة. تختلف المكونات الكيميائية للمواد المتطايرة من أوراق القطن غير التالفة عن تلك المجموعة من النبات ككل. فقد وجد أن نواتج مسار أنزيم الليبوكسيجينز lipoxygenase المتضمنة مركبات الهكسينالز hexenals والهكسينولز hexenols التى تنطلق من الأنسجة التالفة، لا تتواجد فى المواد المتطايرة التى تنساب من الأوراق السليمة بإستثناء مركب (Z) -3-hexenyl acetate. هناك تفسير واحد لذلك وهو أن هذه المركبات السداسية الكربون يمكن أن تنطلق فقط من نسيج الورقة غير التالفة عند تحولها إلى صورة الخلات acetate (شكل ٨:٤). ويمكن تفسير نشاط مسار إنزيم الليبوكسجينز lipoxygenase فى الأوراق غير التالفة بحدوث ميكانيكية معينة فيها تَنقل إشارة متحركة، مثل السيستيمين systemin، معلومات من الموقع المصاب التالف إلى الأوراق البعيدة غير التالفة تعمل على إثارة مسار الليبوكسيجينز، مؤدياً إلى حدوث سلسلة من الإشارات تنشط العديد من

الاستجابات الدفاعية لدى النبات. أظهرت التجارب الكيميائية أن المواد المتطايرة الجهازية systemic volatiles (أى المنطلقة من الأوراق السليمة) تخلق فى موقع الإنسياب مما يؤدى إلى الإقتراح بأن الرسالة الكيميائية المتحركة تُنقل من موقع التلف إلى الموقع البعيد غير التالف لتحفز تخليق وإنسياب تلك المواد المتطايرة.

بالرغم من أن المكونات المتطايرة التى تنساب من النبات بسبب الضرر الذى تحدثه الحشرة العاشبة متشابهة بين عديد من الأنواع النباتية التى درست، إلا أن مخاليط blends تلك المكونات يكون خاصاً لكل نوع نباتى، إذ يتفاوت كل مخلوط فى عدد مكوناته وتركيباته الفعلية الناتجة. ومن هنا، تكون مهمة الطفيل فى إيجاد عائله أكثر تعقيداً فى حالة ما إذا كان العائل الحشرى يتغذى على عديد من الأنواع النباتية المختلفة. تمكنت الدبابير الطفيلية من التغلب على هذه المعضلة بإنماء القدرة على معرفة وتعلم learn المشعرات الكيميائية cues المرتبطة بتواجد عائلها، إذ تجعل الكيميائيات التى تتعرض لها أنثى الطفيل أثناء تفاعلاتها مع عائلها فى ألفة مع منبهات موقع تواجد هذا العائل. كذلك فإن خبرة التفاعل مع العائل تزيد من إستجابة الطفيل للكيميائيات المرتبطة به. على سبيل المثال، تُزيد، وبدرجة معنوية، خبرة غرز آلة وضع البيض فى العائل الحشرى المتواجد على النبات من سلوك الطيران الموجه ومن إستجابات إستقرار فى إناث طفيل المن *Ahidius ervi* ، مقارنة بتلك الإناث التى لم يسبق لها إستخدام آلة وضع بيضها بل تعرضت فقط لنباتات غير تالفة أو تالفة بفعل العائل الحشرى. يؤكد هذا أهمية خبرة وضع البيض مع الإرتباط بمنبهات النبات الذى أصابه الضرر بواسطة العائل الحشرى. من الجميل أيضاً أن إناث الدبابير الطفيلية يمكن أن تتعلم وتحفظ الروائح المتطايرة المرتبطة بالغذاء وإستغلالها فى الوصول إلى الغذاء الضرورى لها.



شكل (٨:٤) يوضح المسارات المختلفة لتخليق المواد المنطلقة من النباتات عند الاصابة بإحدى الحشرات العاشبة (عن Paré & Tumlinson، ١٩٩٩).

يمكن أن تتفاوت الإختلافات فى كمية المواد المتطايرة التى تنساب من النبات وفقاً للظروف البيئية التى تؤثر على فسيولوجيته. تستجيب عديد من الأنواع النباتية منها الذرة والفاصوليا والقطن للضوء المنخفض (إما بسبب إنخفاض كثافة الضوء أو تقليل فترة الإضاءة) بإنخفاض فى إنسياب كمية المواد المتطايرة الناتجة عن تغذية الحشرة العاشبة. كذلك وجد أن الماء كعامل ضغط stress يؤثر تأثيراً مباشراً على إنسياب المواد المتطايرة، فمع قلة الماء المتاح للنبات ينساب مستويات عالية من المواد المتطايرة من النباتات المصابة أكثر من تلك التى لا تتعرض لضغط الماء. وعند الربط بين هذا والتفضيل العوائلى، فإن الأكاروسات المفترسة تنتقى النباتات المصابة والواقعة تحت ضغط الماء أكثر من المصابة والتى لاتقع تحت هذا الضغط. وجد أيضاً أن إضافة مستويات عالية من المعادن أو المخصبات النيتروجينية العضوية أو كليهما يقلل بدرجة معنوية من المواد المتطايرة المنبعثة من نبات الكرفس.

وقد يتوارد إلى الذهن أيضاً سؤال عن سبب إنتاج الحشرات العاشبة لمركبات تنشط من النظام الدفاعى للنبات فى صورة مركبات متطايرة تستخدم فى جذب الطفيليات والمفترسات التى تحد من تعداداتها. لكن ليكن من المعلوم أن هذه الإفرازات هى ضمن الإفرازات الفمية التى

تتساقط أثناء تغذية الحشرة على النبات بصورة طبيعية ولا تستطيع الحشرة المتغذية أن تمتنع عن إفرازها.

هذا وقد وجد أيضاً أن إستمرارية إطلاق النباتات لتلك المركبات المتطايرة يتوقف على إستمرارية تواجد الحشرة العاشبة على النبات المصاب. حيث ينخفض تدريجياً معدل هذا الإطلاق بتوقف تغذية الحشرات العاشبة على النبات حتى يعود النبات إلى معدل الإطلاق الطبيعي بعد فترة ليست بالقصيرة من توقف التغذية.

من المهم أن نذكر أيضاً أن النباتات المصابة لا تقوم فقط بإطلاق المركبات المتطايرة بصورة جهازية systemic release فحسب، بل تقوم أيضاً بحّث النباتات المجاورة لها على إطلاق مثل تلك المركبات على الرغم من عدم إصابتها. على سبيل المثال، تفرز بعض نباتات الخيار المُهاجمة بالعنكبوت الأحمر ذو البقعتين *Tetranychus urticae* بعض المركبات مثل مركبات b -ocimene, , 4,8-dimethyl, 1,3,7-nonatriene، بينما يفرز نبات فاصوليا الليما مخلوطاً آخر مكون منlinalool, b -ocimene, nonatriene , salicylate وهى مواد جاذبة جداً للأعداء الطبيعية. تؤثر هذه المواد المتطايرة التى تفرزها النباتات المصابة على النباتات السليمة المجاورة لهل فتصبح أكثر حماية من الإصابة بالعنكبوت الأحمر. كما أن نباتات القطن التى تصاب بالعنكبوت الأحمر تفرز مواداً طيارة لا تكون جاذبة للمفترسات الأكاروسية فقط، بل تغير كذلك من حالة النباتات المجاورة لتصبح أكثر تحملاً ومقاومة للإصابة. فقد وجد أن مركب لينالول linalool الذى يُفرز عند مستوى واحد نانوجرام/الساعة قبل الإصابة يصل تركيزة إلى ١١٠ نانوجرام/الساعة بعد ٦ ساعات فقط من الإصابة.

وجد أيضاً أن إستجابة الطفيليات والمفترسات للكيرومونات وكذلك الجاذبات النباتية تتأثر أيضاً ليس فقط بالعائل النباتى ولكن أيضاً بدرجة التخصص التى يظهرها العدو الحيوى من حيث عدد العوائل التى يتطفل عليها أو الفرائس التى يفترسها، ومن ثم سنجد أن درجة التخصص معدومة أو منخفضة إلى حد كبير فى حالة المفترسات الحشرية ذات المدى العوائلى الواسع مثل مفترسات أسود المن وأبوالعيدات وأفراس النبى. وعلى ذلك فكلما زاد عدد العوائل الحشرية ومن ثم النباتية التى يستخدمها العائل الحشرى والطفيل كلما قلت درجة أهمية المعلومات التى يمكن أن يستفيد منها الطفيل أو المفترس، وعلى ذلك ظهر ما يعرف بالأعداء الطبيعية العامة والمتخصصة specialist and generalist natural enemies، والفرق بين المجموعتين كبير على الرغم من عدم وجود فروق تقسيمية كبيرة بينهما فى كثير من الأحيان. على سبيل المثال عند مقارنة الطفيل

المتخصص *Leptopilina boulordi* والنوع غير المتخصص *Leptopilina heterotoma* على مستخلصات يرقية لستة أنواع من الدروسوفيلا *Dresophilla melanogaster* وجد أن إستجابة النوع المتخصص كان أكثر قوة ليرقات عائله عن النوع الآخر غير المتخصص. وفى دراسة مماثلة لمقارنة الطفيل المتخصص *Microplitis croceipes* مع الطفيل الأقل تخصصاً *Campoletis sonorensis* وجد أن الطفيل المتخصص ينجذب بشدة للمواد الفعالة الموجودة فى براز عائله *H. virescens* بينما لم يحدث ذلك فى الطفيل الأقل تخصصاً.

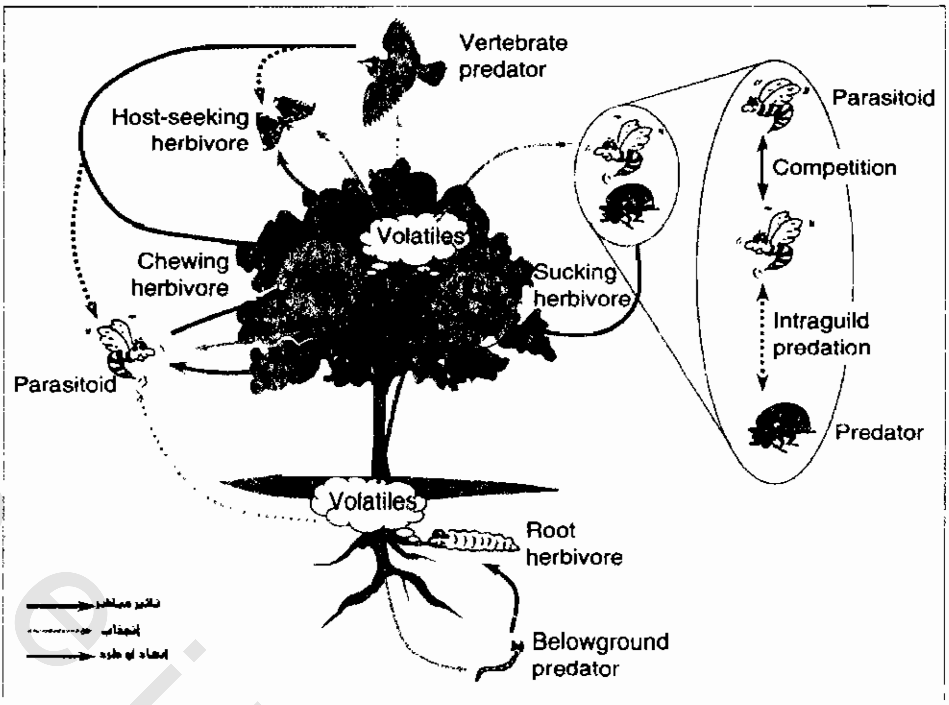
أخيراً فما زال هناك الكثير للوقوف على العلاقات الكيميائية بين النبات والحشرات العاشبة التى تؤدى إلى تخليق وإطلاق المواد النباتية المتطايرة بواسطة النبات. والأكثر من هذا فإن إتلاف نبات ما بأنواع مختلفة من الحشرات العاشبة يمكن أن يتسبب فى إنطلاق توليفات من المواد المتطايرة بنسب متفاوتة فى مكوناتها. لذلك فإن الإستجابات المحددة تتسبب عن مثيرات متفاوتة التركيب من أنواع مختلفة من الحشرات العاشبة، إلا إنه ليس من المعلوم الميكانيكيات البيوكيميائية التى بها تحفز تلك المثيرات التخليق البيولوجى والإطلاق للمواد النباتية المتطايرة. هل هى تتداخل interact مع المسار الأوكتاديكانويدى؟ ولو كان كذلك فكيف يحدث هذا؟ أم إنها تنظم إنسياب حمض اللينولينك lenolenic acid الناتج عنه حمض الجاسمونيك Jasmonic acid ، أو تنشط الشوارد المؤكسدة oxidative burst، ويرتبط كل هذا بإحداث الجرح فى نسيج النبات. أيضاً ليس هناك معلومات كافية عن الميكانيكية التى تؤدى إلى الإنسياب الجهازى systemic (أى إنطلاق المواد المتطايرة من الأوراق البعيدة عن موقع الضرر) لمثل هذه المواد المتطايرة. هل يعمل المثير الأصلى original الناتج من الحشرة العاشبة كحامل للرسالة المتحركة التى تحفز تخليقات المواد المتطايرة النباتية؟ أم أن هناك حاملى رسائل ثانوية تخدم فى نقل الإشارة إلى المواقع البعيدة عن موقع التلف؟

سوف تؤدى الدراسات المستقبلية إلى إنماء طرق أكثر فاعلية فى مكافحة الآفات بالأعداء الطبيعية. يمكن أيضاً أن تقود إلى التوصل إلى أصناف من نبات بدفاعات كيميائية أشد، أو إلى طرائق لتطعيم inoculating النباتات بمثيرات تعمل على زيادة مقاومتها للآفات الحشرية.

بالإضافة إلى مجموعة المركبات المتطايرة Herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) التى لا تطلق إلا عند إصابة النباتات بالحشرات العاشبة والتى تقوم بجذب الأعداء الطبيعية للنباتات المصابة وكذلك طرد الحشرات العاشبة الأخرى لتقليل المنافسة على العائل كما سبق ذكره، فهناك مجموعة أخرى من المركبات المتطايرة التى تُطلق من النباتات دون الحاجة إلى

الإصابة بالآفات الحشرية و الحيوانية يطلق عليها Green leafy Volatiles (GLVs). يكون لمثل هذه المركبات دور أيضاً فى عملية طرد وجذب الحشرات لنبات معين . تستخدم هذه المجموعة من المركبات حالياً فى نظام تحميل المحاصيل الحقلية معاً.

من المهم أن نذكر أيضاً أنه فى توقيت ما، لا تصاب النباتات بالحشرات العاشبة فقط، ولكنها تصاب أيضاً بالأكاروسات ومسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية علاوة على مهاجمة العديد من الطيور لنفس النبات. وعلى ذلك يُهاجم نفس النبات فى نفس الوقت بالحشرات القارضة والثاقبة الماصة والأكاروسات النباتية، علاوة على مسببات الأمراض. تؤثر كل هذه الإصابات بلا شك على مستويات إطلاق النباتات المصابة للمركبات المتطايرة والتى سوف تؤثر بالتالى وبلا شك على مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بتلك الآفات سواء التى تصيب المجموع الجذرى أسفل سطح التربة أو التى تصيب المجموع الخضرى. على سبيل المثال، عند إصابة المجموع الجذرى لنبات معين بآفة معينة فإنها سوف تغير alter من الحالة الفسيولوجية للنبات وبالتالى سوف تؤثر على إطلاقه لمجموعة المركبات المتطايرة HIPVs عند إصابة هذا النبات لاحقاً بالحشرات العاشبة أو المسببات المرضية التى تهاجم المجموع الخضرى للنبات (شكل ٤: ٩)، والعكس صحيح، سوف تُغير مجموعة الآفات التى تصيب المجموع الخضرى من الحالة الفسيولوجية للنبات وإطلاقه لتلك المركبات مما يؤثر على مجموعة الآفات التى تصيب المجموع الجذرى، وكذلك على مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بها. يرجع السبب الرئيسى لهذا التغيير والتأثيرات إلى أن رد فعل النباتات المصابة بالآفات الحشرية والحيوانية ومسببات الأمراض لا تسلك مسلكاً واحداً، بل مختلفاً، حيث قد يكون رد فعل النبات فى إطلاق المواد الدفاعية أو الجاذبة معتمداً إما على تكوين حمض الجاسمونيك jasmonic acid كما فى الحشرات القارضة، أو على تكوين حمض السلسيليك salicylic acid كما فى الحشرات الثاقبة الماصة والأكاروسات والمسببات المرضية المختلفة.



شكل (٩:٤) العلاقات المتداخلة بين الآفات المختلفة وأعدائها الطبيعية

(٤) الأبنيومونات Apneumones

يشتق هذا الإصطلاح من الكلمة اليونانية Poa - Pneum ومعناهـا لا يتـنفس breathless أو غير حى lifeless. تعرف تلك المواد على أنها "هى المواد التى تفرز بواسطة مـادة غيـر حيـة وتحدث إستجابات وظيفية وفسيولوجية وسلوكية تكون فى مصلحة الكائن المستقبل ولكنهـا فـى نفس الوقت تكون ضارة ومحددة لكائن حى آخر ليس من نفس النوع والذى يتواجد فى أو علـى هذه المادة غير الحية المفرزة لتلك المواد. ولعل من المهم أن نذكر هنا أن هذه المـواد لا يمكـن تصنيفها مع الكيرومونات أو الفيرومونات أو الجاذبات النباتية لعدة أسباب أهمها هو أنها مفـرزه من مادة غير حية مما يتعارض مع نشوء المواد سابقة الذكر.

ومن أمثلة تلك المواد المركبات التى تنطلق من اللحوم المتحللة والتى تجـذب الطفيليـات والمفترسات الحشرية لتتطفل على أو تفترس يرقات الذباب المصاحب لتلك اللحوم المتحللة. ولقد أظهرت الدراسات الحديثة أن تلك المواد لها دور هام وحيوى فى وصول تلك الطفيليات لعوائلها. كما أن وصول طفيليات خنافس القلف يعتمد أيضاً، فى بعض الحالات، على الروائح المنطلقة من

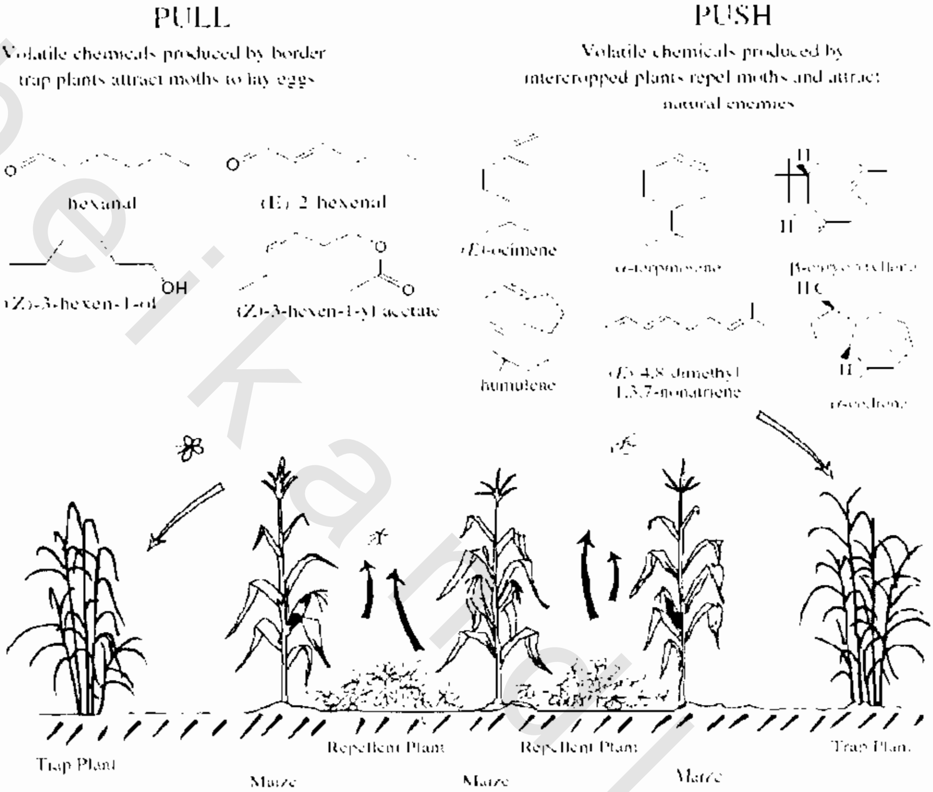
بعض المواد المصاحبة للآفات داخل الأشجار والتى تستقبلها الطفيليات الحشرية وتصل لعوائلها بواسطتها.

نماذج من إستخدام المركبات المتطايرة فى المجال التطبيقى للمكافحة البيولوجية

كما سبق ذكره، تُطلق النباتات المصابة المركبات المتطايرة (HIPVs) لتطرد الآفات أو لتجذب أعدائها الطبيعية. كما أن النباتات المصابة وبعض النباتات السليمة تنتج أيضاً إشارات تحذيرية للنباتات المجاورة بأنها سوف تتعرض إلى خطر وشيك impending attack. تُستخدم مثل هذه النباتات السليمة التى تستطيع إطلاق مثل تلك المركبات كنباتات تحميل فيما يعرف بنظرية الدفع (الإبعاد) والسحب (الجذب) push-pull strategy. لقد تم إستخدام هذا المصطلح لأول مرة بواسطة بايك Pyke وآخرون، ١٩٨٧ فى أستراليا وذلك لمعالجة الموقع habitat manipulation، ومكافحة الحشرات من جنس *Helicoverpa* sp. فى القطن، وتقليل الإعتماد على المبيدات. فى هذه الطريقة تُزرع نباتات المحصول الرئيسى target crop محملة مع نباتات طاردة للحشرات العاشبة repellant plants (الطرد)، وآخرى جاذبة للأعداء الطبيعية (السحب pull) تزرع حول النباتات الطاردة للحشرات (شكل ٤: ١٠). وعلى ذلك فإن التحميل هنا يضمن إبعاد الحشرات عن المحصول الرئيسى وكذلك المحافظة على أو توطين الأعداء الطبيعية لضمان كبح جماح هذه الآفة بيولوجياً.

هناك حالياً عدة أنظمة يستخدم فيها هذا النظام (الدفع – السحب) ولكن أكثرها نجاحاً وإستمراراً فى التطبيق هو المستخدم بواسطة المزارعين فى أفريقيا وخاصة فى كينيا، والذى تم إعداده علمياً بواسطة معهد ICIPE بكينيا لمكافحة حشرة *Chilo partellas* وكذلك حشرة *Busseola fusca* على محاصيل الحبوب كالذرة والسورجم. وقد أعطت هذه الطريقة نتائج مرضية جداً، وزيادة فى إنتاجية المحاصيل. فى هذا النظام، كان المحصول الإقتصادى هو الذرة، بينما كانت النباتات الطاردة هى أعشاب وحشائش مثل molasses grass وكذلك حشيشة silverleaf desmodium وكلاهما يطرد فراشات ثاقبات الذرة، أما النباتات الجاذبة trap plant فيستخدم لها حشيشة النابير napier grass وحشيشة السودان Sudan grass. تُنتج النباتات الجاذبة trap plant كميات كبيرة من المواد الكيمائية الطيارة GLVs أكثر مما تنتجه نباتات الذرة والسورجم، خاصة فى الفترة التى تبحث فيها فراشات *Chilo partellus* عن العائل النباتى لوضع البيض، حيث وجد أن كمية المركبات المتطايرة المنطلقة بواسطة حشيشة النابير وكذلك حشيشة *Hyparrhenia tamba* فى الساعة الواحدة أعلى مائة ضعف عنها فى نباتات الذرة أو السورجم خاصة فى الفترة التى تنشط فيها الفراشات لوضع البيض scotophase، ثم تقل تلك الكمية تدريجياً لتصل إلى الكمية

التى تُطلق طبيعياً خلال الفترة الضوئية photophase. كانت أهم أربعة مركبات من هذه المركبات المتطايرة GLVs هى Hexanal، و (E) 2-hexenal، و (Z)-3-hexen-1-ol، و (Z)-3- Hexen-1-Ylacetate وكان المركب الأخير هو الأعلى تركيزاً بين هذه المركبات الأربعة. كذلك وجد أن زراعة نباتات *M. minatiflora* بين صفوف نباتات الذرة لم يؤدى فقط إلى إنخفاض معنوى فى تعداد ثاقبات الذرة، ولكن أدى أيضاً إلى زيادة معنوية فى التطفل بواسطة طفيل اليرقة *Cotesia sesamiae* وكان المركب الأكثر جذباً للطفيل هو مركب nonatriene وهو أحد المركبات الهامة التى تفرزها معظم النباتات عند مهاجمتها بالعاشبات.


PULL
Volatile chemicals produced by border trap plants attract moths to lay eggs
PUSH
Volatile chemicals produced by intercropped plants repel moths and attract natural enemies
hexanal
(E) 2 hexenal
(E)-ocimene
α-terpinolene
β-caryophyllene
(Z)-3-hexen-1-ol
OH
(Z)-3-hexen-1-yl acetate
O
humulene
(E)-4,8-dimethyl 1,3,7-nonatriene
α-cedrene
Trap Plant
Repellent Plant
Repellent Plant
Trap Plant
Maize
Maize
Maize

شكل (٤: ١٠) رسم مبسط يوضح نظرية الدفع push والسحب pull (خان Khan وآخرون ، ٢٠٠٨).

يمكن الإستفادة أيضاً من المركبات المتطايرة من النباتات المصابة بالحشرات العاشبة، بعد تعريفها وتخليقها صناعياً، فى جذب الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات للأماكن التى لا تتوفر فيها هذه الأعداء. على سبيل المثال، تم حالياً فى اليابان تعريف مجموعة المركبات المتطايرة المصاحبة لإصابة نباتات الكرنب بالفراشة ذات الظهر الماسى، وأمكن الإستفادة من تلك المركبات داخل الصوب إما فى صورة كبسولات شبيهة بتلك المستخدمة فى الكبسولات

الفيرومونية، أو كقطعة قطن مشبعة بمحلول من تلك المواد المتطايرة، وتعليقها داخل الصوب. تقوم تلك المركبات بجذب الطفيل *Cotesia vestalis* ، وهو من أكثر الأعداء الطبيعية نشاطاً فى البيئة ضد هذه الآفة والمتواجد بتعدادات عالية عى النباتات المزهرة المتواجدة طبيعياً خارج تلك الصوب (شكل ٤: ١١). تدخل هذه الطفيليات الصوب من خلال فتحات معينة فى الصوبة مهاجمة يرقات عائلها. تتميز تلك الطريقة بتوفير تكاليف جمع، أو تربية وإطلاق الطفيليات علاوة على الإستفادة من الطفيليات المتواجدة طبيعياً فى البيئة بشكل فعال.

شكل (٤: ١١) مسار طفيليات الفراشة ذات الظهر الماسى المتواجدة طبيعياً خارج الصوب إلى داخل الصوب منجذبة إلى المركبات المتطايرة المخلقة صناعياً والمعلقة داخل الصوب.

مصادر التفاوت السلوكى فى الأعداء الطبيعية

Sources of behavioral variation in Natural enemies

هناك ثلاثة مصادر رئيسية للتفاوت فى السلوك البحثى تحدد إستجابة العدو الحيوى للمؤثرات المختلفة خلال نشاطه وبحثه عن العائل:

أ- **Phenotypic state**

تعتبر هذه الحالة هى المسئولة عن إحداث تغيرات وتحورات فى سلوك العدو الحيوى من خلال التعلم learning ليتواءم مع مختلف الظروف البيئية للعائل الحشرى. ويعتبر التعلم مصدراً مهماً فى التفاوت السلوكى فى سروح الطفيليات والمفترسات، إذ تتغير الإستجابة تجاه المنبهات الكيماوية والبصرية مع الخبرة experience التي تلعب دوراً هاماً فى طريقة إستجابة العدو

الحيوى للكيميائيات الوسيطة بشكل عام، وأن دراسة كل من التعلم learning والخبرة فى الأعداء الحيوية هى أكثر متعة عن دراستها فى باقى الحشرات لسببين رئيسين هما:-

١- تعلم العدو الحيوى ليبحث ويصل لعائله يقع فيما يعرف بالمستوى الغذائى الثالث tritrophic context، ولكن الحشرات الأخرى المتغذية على النباتات تبحث عن عوائلها فيما يعرف بالمستوى الغذائى الثانى bitrophic context فقط، بل أن الطفيليات المفرطة تبحث عن عوائلها فى المستوى الغذائى الرابع.

٢- تبحث الأعداء الحيوية عن عوائلها أو ضحاياها التى تفعل كل ما لديها لتخفى أنفسها عن الأعداء الحيوية.

وهناك الكثير من الأمثلة التى توضح دور كل من التعلم والخبرة فى إستجابة الطفيليات للمنبهات المختلفة ومن ثم ملاقاة العائل، فعلى سبيل المثال أظهر طفيل المن *Diateretiella rapae* قدرة عالية للإستجابة للروائح المنبعثة من نبات البطاطس عند تربيته على مَنْ يتغذى على هذا النبات العائل. بالمثل أظهر الطفيل اليرقى *Microplitis demolitor* المتطفل على العائل *H. zea* قدرة قوية لإستجابته لنباتات لوبيا العلف المصابة عند تربيته معملياً على يرقات مرباة على هذا العائل النباتى مقارنة بنفس الطفيل ولكن بتربيته معملياً على بيئة صناعية. تم تسجيل نفس السلوك فى الطفيل *Cotesia kariyai* المربى على يرقات عائله المرباة على عائل نباتى (الذرة) أو بيئة صناعية، حيث كانت نسبة التطفل والزمن اللازم للتطفل handling time أقصر فى حالة اليرقات المرباة على عائلها النباتى.

يمكن أن يبدأ هذا الإرتباط التعلمى عند خروج الحشرة الكاملة أو قبلها مباشرة معتمداً على منتجات العائل المرتبطة بعذراء الطفيل. أيضاً تستطيع بعض الطفيليات أن تفرق بين العائل النباتى المفضل أو الأقل تفضيلاً لدى عائلها الحشرى، ومثال لذلك ما وجد فى الطفيل *Cotesia marginventris* عند تربيته على نباتات قطن أو ذرة مصابة بكل من حشرتى *Spodoptera frugiperda* و *Trichoplusia ni* حيث أظهرت الإناث ذات الخبرة قدرة تفضيلية للبادرات المصابة بحشرة *S. fnigpenda* على البادرات المصابة بحشرة *T. ni*، ومفضلة لبادرات الذرة المصابة على بادرات القطن المصابة. وهذا يدل على إشتراك كل من العائل الحشرى والعائل النباتى فى إفراز تلك الروائح أو كيميائيات التواصل الجاذبة للطفيل.

كذلك تنجذب إناث الطفيل *Cotesia marginventris* بشدة إلى أوراق الذرة التالفة بواسطة عائلها الحشرى. وهنا يمكن القول أن الخبرة السابقة لإناث الطفيل تكون عاملاً هاماً جداً

فى إستجاباتها. عندما تتدرب إناث هذا الطفيل على بادرات تالفة حديثاً (أى التى لم تطلق كميات عالية من المواد المتطايرة مثل التربينات)، فإنها سوف تطير إلى أوراق حديثة التلف وليس بنفس المعدل الذى تنجذب فيه إلى أوراق مضى عليها ١٥ ساعة من الإصابة (أى تلك التى أطلقت كميات كبيرة من التربينات). على الجانب الآخر، فإن إناث هذا الطفيل التى تدربت على بادرات أقدم فى تلفها تظهر أفضلية أقوى للنباتات التى أطلقت كميات من التربينات عن تلك الحديثة الإتلاف. وبذا فإنه يظهر أن إناث هذا الطفيل قادرة على أن تتعلم الروائح التى تطلقها النباتات القديمة التلف. وهنا تظهر صورة من العلاقة التبادلية النافعة بين النباتات والطفيليات حيث يستفيد كليهما من هذه العلاقة. وطالما أن الروائح سوف تتفاوت وفقاً لدرجة وعمر التلف الحادث، وأن إفراز الرائحة يختلف أيضاً وفقاً للأجزاء المهاجمة من النبات، فإنه يكون من المحتمل أن النباتات لا تطلق إشارات كيميائية فقط، بل تغيرات فى الرؤية أيضاً (اللون، أو الشكل، أو كليهما)، وبذا تمد الحشرات الطفيلية بمشعرات ومنبهات أكثر. بالإضافة إلى هذا ، يكون لإناث هذا الطفيل القدرة على أن يتعلم التمييز بين الروائح المنبعثة بواسطة نفس العائل الحشرى المتغذى على أنواع نباتية مختلفة.

أيضاً فإن هناك بعض المفترسات مثل أبو العيد *Diomus* sp. يتأثر بشدة عند تعرض الأفراد ذات الخبرة منه لكيرومون عائله خاصة الندوة العسلية، مع تفضيل الندوة العسلية المفرزة من حشرة *Phenococcus manihati* على تلك المفرزة من حشرة *Planococcus citri*.

يتضح من هذه الأمثلة (على الأقل فى مثل تلك الحالات التى فيها تكون العوائل الحشرية يرقات عاشبة)، أن النباتات تساهم بدرجة فاعلة فى الإسراع من ملاقاة الأعداء الطبيعية للعائل الحشرى عن طريق المشعرات، إذ تمد النباتات الطفيليات والمفترسات بمعلومات كيميائية يعّول عليها فى هذا الشآن، مضيفة بذلك حيرة فوق حيرة من كْم المعلومات التى تستقبلها الأعداء الطبيعية والتى يجب عليها أن تتعامل معها.

خلاصة القول، أن زيادة خبرة الطفيليات والمفترسات فى صورة السماح لها بوضع البيض، وملامسة العائل الحشري أو الضحية، والطيران فى وسط الإنتشار، وملامسة العائل النباتى، وملامسة بعض الروائح odors الخاصة بالعائل النباتى أو الحشرى، تزيد من إستجابة العدو الحيوى بصورة معنوية وعالية لوسط الإنتشار والعائل الحشرى مما يعمل على تحسين كفاءته البحثية على العائل وبالتالى قدرته على الوصول للعائل أو الفريسة فى وقت قصير. وحالياً يتم إستخدام تلك النظرية فى التربية المعملية لبعض الطفيليات من حيث تعريض الطفيليات

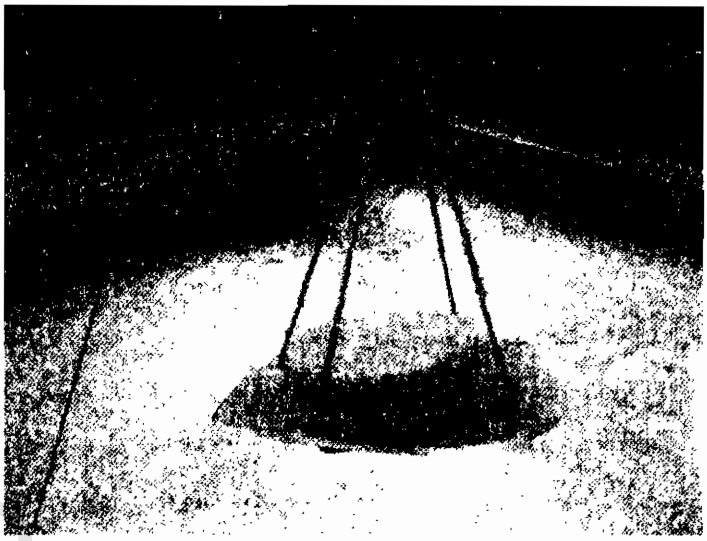
والمفترسات عند تربيتها معملياً وقبل الإطلاق إلى بعض الروائح أوالكيميائيات الوسيطة لتحسن من أداء العدو الحيوى بعد الإطلاق فيما يعرف بمراقبة جودة الأعداء الطبيعية quality control of natural enemies.

ب- الحالة الفسيولوجية **Physiological state**

من المسلم به أن الحالة الفسيولوجية للعدو الحيوى (مثل حمل البيض، الجوع، التزاوج والصحة العامة) لها دور فعال ومؤثر فى إستجابته للكيميائيات الوسيطة وبالتالى سلوك السروح ورفع نسبة التطفل أو الإفتراس. وجد أن قلة البيض الناضج فى مبايض الطفيل البراكونيدى *Perristenus pseudopallipes* قلل من إستجابته للمنبهات الشمية olfactory cues الخاصة بالبق من عائلة Tranchidae بصورة معنوية – وقد وجدت نفس الحالة أيضاً فى طفيليات الذبابة البيضاء من جنسى *Encarsia* و *Eretmocerus*.

وجد أيضاً أن وجود أو غياب الغذاء يمكن أن يؤثر على إستجابة الطفيليات وسلوكها السروحي. ذكر أن التغذية الجيدة لإناث الطفيل *Microplitis croceipes* حسّن ورفع من كفاءتها عند إطلاقها فى حقول الذرة أو فول الصويا، مقارنة بالإناث غير المغذاة. إذ قضت الأفراد المغذاة وقتاً أقل بحثاً عن عوائلها على النباتات الغير مصابة مقارنة بالنباتات المصابة. ووجد أنه عند رش النباتات بالغذاء (العسل) فإن سلوك معظم الطفيليات غير المغذاة تغير كلية بعد وقت قصير من رش الغذاء إذ بحثت مباشرة عن يرقات العائل بصورة عالية أكفأ منها فى حالة الإناث المغذاة قبل الإطلاق. وعلى هذا الأساس يمكن إستخدام حالة تجويع الطفيليات كإستراتيجية مهمة عند إطلاقها حقلياً.

أيضاً وجد أن رش نباتات الخيار داخل الصوب بالندوة العسلية الصناعية المكونة من سكريات الندوة العسلية أو العسل قد أزاد من كفاءة الطفيل *Eretmocerus* sp. مقارنة بالطفيليات التى تم إطلاقها مع نباتات خيار غير معاملة وعلى ذلك إزدادت نسبة التطفل على الذبابة البيضاء بصورة معنوية. ونظراً لأن رش تلك النباتات بالندوة العسلية الصناعية تحت ظروف الصوب يؤدى إلى نمو فطريات العفن الأسود، فإنه يتم حالياً إضافة هذا الغذاء فى صورة قطعة إسفنجية مشبعة بالمحلول السكرى (الندوة العسلية)، وتعلق فى الصوبة (شكل ٤:١٢) كمصدر للغذاء لمجموعة الطفيليات والمفترسات الموجودة داخل الصوب وبذا نتجنب هجرة الطفيليات والمفترسات للبحث عن الغذاء food searching خارج الصوب وكذلك تجنب نمو فطريات العفن الأسود على النباتات.



شكل (٤:١٢) إمداد الطفيليات أو المفترسات داخل الصوب بالمصدر الغذائى

ولعل من المهم ذكره أيضاً أن التزاوج فى الأعداء الطبيعية هام وضروري ومؤثر على الحالة العامة للطفيليات من حيث قابليته للبحث عن العائل خاصة فى حالة الطفيليات التى لا تنشط لوضع البيض إلا بعد إتمام عملية التزاوج. وفى هذه الحالة تفضل هذه المجموعة من الأعداء الطبيعية التزاوج بعدالخروج مباشرة من طور العذراء.

جـ - الحالة الجينية أو الوراثية Genotypic state

تلعب الإختلافات الوراثية دوراً هاماً فى صفات العدو الحيوى وبالتالى المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية والحيوانية. هناك القليل من المعلومات عن دور الحالة الوراثية فى تحديد الإستجابة الفعلية للأعداء الطبيعية لمجموعة الكيميائيات الوسيطة فى البيئة الطبيعية، وربما يرجع ذلك إلى صعوبة الدراسات الوراثية وزيادة صعوبتها فى حالة الكائنات الصغيرة فى الحجم مثل الطفيليات والمفترسات الحشرية.

ومن الأمثلة القليلة فى هذا المجال هو الإختلافات الموجودة فى المفترسات المرتبطة بخنفساء القلف *Ips pini* حيث ثبت أن المفترسات تستطيع أن تميز بين فيرومونات التجمع لعديد من السلالات الجغرافية لتلك الخنفساء. علاوة على أن الإختلافات الجينية فى العائل النباتى أيضاً قد تلعب دوراً هاماً فى هذا المجال حيث تؤثر على إنتاج الجاذبات النباتية. فعلى سبيل المثال،

وجد أن نباتات القطن ذات الغدد glanded plants أو عديمة الغدد glandless plants متماثلة جينياً ولكنها تختلف إختلافاً واسعاً فى إنتاجها للجاذبات النباتية، التى تجذب بدورها الأعداء الطبيعية للنباتات حيث ثبت أن الأصناف ذات الغدد من القطن تنتج أكثر من مائة ضعف من الجاذبات النباتية مقارنة بالأصناف عديمة الغدد، وأن إنجذاب الطفيليات للأصناف ذات الغدد كان عال جداً مقارنة مع المجموعة الأخرى.

وعلى ذلك يمكن أن نستخلص أنه فى برامج تربية النبات لإنتاج أصناف مقاومة لآفات حشرية أو حيوانية معينة من خلال التغيير فى التركيب الكيميائى للمواد الموجودة أو المفرزة من خلال تلك الاصناف الجديدة، فإنه يلزم أن يتواجد فى تلك البرامج علماء الحشرات والمكافحة البيولوجية وذلك لدراسة تأثير تلك الأصناف الجديدة على الأعداء الطبيعية من حيث الجذب أو الطرد. إذ قد تكون تلك الأصناف الجديدة ناجحة فعلاً ومقاومة لآفة معينة ولكنها قد تكون ذات تأثير سلبى على الأعداء الطبيعية المرتبطة بآفة أخرى تصيب نفس المحصول مما يؤدى إلى حدوث فورانات عددية outbreaks فى تلك الآفة غير المستهدفة ببرنامج التربية.

على سبيل المثال، هناك العديد من المركبات التى تتواجد فى نباتات القطن والتى تلعب دوراً هاماً فى جذب الآفات الحشرية أو تكون سامة لتلك الآفات أو تكون ذات علاقة بالمستوى الغذائى الثالث وهو الأعداء الطبيعية. وقد أظهرت بعض الدراسات أن مركبات مثل tricosane و pentacosane تكون مواد جاذبة للكثير من المفترسات فى النظام الزراعى للقطن، كما أنها قد تؤثر على بيولوجيا تلك الطفيليات.

وجد أيضاً أن الطفيل *Campoletis sonorensis* يزداد إستخدامه لقرون إستشعاره فى الطرق على أنواع القطن ذات الغدد مقارنة بالأنواع الأخرى، وكانت البراعم مقارنة بالأوراق والسيقان هى أكثر الأماكن زيارة بالطفيل وإستخدام قرون إستشعاره للضرب عليها. وجد أن نباتات القطن من النوع *Gossypium barbadense* تفتقد مركبات myrcine, g -bisabolene, and b –bisabolol وهى من أكثر المواد تواجداً فى النوع *G. hirsutum*. وعند التحليل الكيميائى بواسطة جهاز Gas Chromatograph أظهر وجود المركبات a -pinene, myrcene, ocimene, b -caryophyllene, a -humulene, g -bisabolene , b –bisabolol. وكل مركب من هذه المجموعة يظهر قدرة مختلفة فى الجذب بعيد المدى للحشرات. فقد وجد أن مركب Caryophyllene oxide كان جاذباً للطفيل *C. sonorensis* وفى نفس الوقت يخفض من نمو حشرة دودة الدخان *H. virescens* وذلك عند إضافة تلك المواد للبيئة الصناعية.

أظهرت نتائج الدراسات السلوكية على بعض أصناف القطن مثل TCHB, Suyin, LRA, MCU 5, MCU 7 أن الطفيل *Trichogramma chilonis* ضرب بقرون إستشعاره وآلة وضع البيض بمعدل أكثر فى المواد الطيارة المنبعثة من الصنف suyin مقارنة بالأنواع الأخرى. ولقد أظهرت الدراسات الكيميائية المتقدمة وجود المركبات المتطايرة مثل docosane caryophyllene و hexacosane و nonacosane والتى كان لها تأثير قوى على سلوك الطفيل. تم إكتشاف مركب caryophyllene فى الصنف suyin و TCHB, MCU 7 and MCU 11، أما المركبات الأخرى مثل octodecane, undecane, dodecane فقد تم تسجيلها فى صنف LRA. كما أن مركبات Tetradecenoic و hexadecenoic كانت موجودة بكثرة ومميزة فى الصنف MCU11،

تأثير المظاهر النباتية على الأعداء الطبيعية

تؤثر صفات النبات على الأعداء الطبيعية من عدة مجالات بعضها بلا شك غير واضح جدا. هناك العديد من الآفات الحشرية تكون أكثر تعرضاً للأعداء الطبيعية عندما تتغذى على عوائل نباتية معينة دون الأخرى، وتؤثر هذه المظاهر النباتية على الكفاءة البحثية والتناسلية للأعداء الطبيعية. تم تقسيم تأثير النباتات على الأعداء الطبيعية إلى:-

١- التأثيرات الراجعة للكيميائيات الوسيطة Semiochemicallly mediated effects

سيتم مناقشة ذلك تفصيلياً فى مجال الوصول لوسط إنتشار العائل habitat location وكذلك ملاقاة العائل host location. فى بعض الحالات تستخدم بعض المنبهات والمواد النباتية لوصول الأعداء الطبيعية لوسط الإنتشار. وجد أيضاً أن المواد النباتية سواء الناتجة عن تغذية الحشرات العاشبة أو المنطلقة من النبات المهاجم بواسطة تلك الحشرات تقود مباشرة للوصول للعائل.

٢- التأثيرات الراجعة للمواد الكيميائية Chemically mediated effects

تتضمن التأثيرات الكيميائية للنباتات على الأعداء الطبيعية إستخدام الأعداء الطبيعية للمنتجات النباتية مثل الرحيق وحبوب اللقاح كمصدر للغذاء. تؤثر أيضاً جودة العائل النباتى بطريقة غير مباشرة على الأعداء الطبيعية عن طريق تحسين نمو الحشرات العاشبة، وبالتالى إستفادة الأعداء الطبيعية من تحسن نمو عوائلها أو فرائسها كمحصلة نهائية لذلك. فالحشرات العاشبة التى تنمو على نباتات ذات جودة غذائية منخفضة ربما تظل لفترة طويلة فى مرحلة النمو وبالتالى فى الطور المناسب للهجوم والقابل للتطفل مقارنة بالحشرات العاشبة المتغذية على

نباتات ذات جودة غذائية عالية وبالتالي سوف يؤثر ذلك على نسبة بقاء وموت الحشرات العاشبة وهى بدورها تؤثر على نسبة بقاء وموت الأطوار غير الكاملة للطفيليات. أخيراً ربما تكون المواد النباتية المعزولة أو المأخوذة من النبات والممتصة داخل جسم الحشرات العاشبة وسيلة للدفاع ضد الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال وجد أن فراشة *Danaus plexippus* تحمى نفسها من الإفتراس بواسطة الطيور عن طريق الجليكوسيدات glycosides التى إستخلصتها من العائل النباتى.

٣- التأثيرات الطبيعية للنبات Physical aspects of plants

ربما تؤثر الصفات الطبيعية للنبات على الأعداء الطبيعية من عدة أوجه مثل التوزيع والإنتشار المكانى على عائل نباتى معين، وكذلك تؤثر على آكلات العشب والأعداء الطبيعية ونجاحهما فى التوطين. ربما توفر الصفات الطبيعية للنبات الحماية لآكلات العشب، فمثلاً الحشرات الموجودة داخل الثمار كبيرة الحجم والأورام النباتية تكون أقل تعرضاً للطفيليات ذات آلة وضع البيض القصيرة. توفر أيضاً بعض العوائل النباتية الحماية للأعداء الطبيعية فى بعض الأماكن مثل العديسات والجيوب Pockets حيث تستخدم الأكاروسات المفترسة التابعة لعائلة Phytosseidae مثل هذه الجيوب لتسكنها وتهرب من الأعداء الطبيعية لها.

يستخدم مظهر الأوراق مثل الخشونة والشعيرات فى دفاع النبات ضد آكلات العشب وهى تؤثر أيضاً على الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال، زيادة عدد الشعيرات وTrichomes على الأوراق ربما يؤدى إلى إنخفاض سرعه الطفيليات والمفترسات وبالتالى إنخفاض الكفاءة البحثية لهما وبالتالى تقليل فرص ملاقاة العائل. على سبيل المثال، تكون سرعة يرقات مفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* على الأوراق كثيفة الشعر منخفضة للغاية، وعلى العكس من ذلك في بعض المفترسات الأخرى مثل *Adalia bipunctata* يكون نشاطها السروحى على الأوراق ذات الشعر المبعثر أعلى منها على الأوراق عديمة الزغب glabrous leaves وكذلك الأوراق الشمعية waxy leaves وذلك لأن الشعيرات ربما تقلل من سرعة يرقات المفترس وبالتالى تقف كثيراً وتغير من مكان البحث بعيداً عن العرق الوسطى وتزور معظم الورقة ومن ثم تزداد إحتمالية ملاقاة الفرائس. نفس السلوك تم تسجيله على الطفيل *Encarsia formosa* الذى كان يعتقد أن وجود الزغب والأشواك على نبات الخيار سيقلل من كفاءته البحثيه ولكن ثبت أن نسب التطفل على العوائل النباتية كثيفة الشعر والزغب أعلى منها فى العوائل قليلة الشعر وذلك لسرعة حركة الطفيل على الأوراق الملساء أو قليلة الشعر وبالتالى تفاديه لملاقاة العائل خاصة وأن السلوك

البحثي لهذا الطفيل من النوع العشوائي في كل مراحل ملاقاة العائل ويكون إعتماده على آلة وضع البيض وقرون الإستشعار في الوصول للعائل. كذلك فإن بعض المفترسات الأكاروسية من عائلة Phytoseidae تكون أكثراً تعداداً على السطح السفلى لأوراق العنب كثيفة الشعر وذلك لتوفر الحماية من الأعداء والأمطار. ربما تكون بعض مناطق أو أجزاء النبات أكثر تأثيراً على سلوك العدو الحيوى البحثى من غيرها مثل الطفيل *Lysiphlebus testaceipes* الذى يبحث بكفاءة على أشجار الموز عن حشرات من الموز *Pentalonia nigronervosa* فى المساحات المفتوحة فقط، أما الطفيل *Aphidius colemani* فيبحث بكفاءة فى المناطق المحمية والمفتوحة بنفس الكفاءة.

الباب الخامس

السلوك السروحى للطفيليات والمفترسات الحشرية

١- إختيار العائل والتخصص العائلى

- ملاقاة وسط الإنتشار العام، ووسط إنتشار العائل
  - ملاقاة وسط الإنتشار العام
  - ملاقاة وسط إنتشار العائل
- ملاقاة الطفيليات لعوائلها
- قبول العائل
- صلاحية العائل
- تنظيم نمو العائل

٢- دفاعات العائل ضد الأطوار غير الكاملة والكاملة للطفيليات وردود فعل تلك الطفيليات

- دفاع العائل ضد الأطوار غير الكاملة للطفيل
- السبل المضادة لدفاعات العائل
- المعالجة السلوكية للعائل
- دفاع العائل ضد كوامل الطفيليات
- دفاع الطفيليات ضد المفترسات

٣- سلوك إختيار العائل فى طفيليات البيضة

٤- إختيار الفريسة والتخصص الفرائسى

السلوك السروحى للطفيليات والمفترسات الحشرية

FORAGING BEHAVIOUR OF INSECT PARASITOIDS AND PREDATORS

١- إختيار العائل والتخصص العائلى Host Selection and Host Specificity

قد تخرج كوامل الطفيليات والمفترسات الحشرية من العذارى فى وسط إنتشار يحتوى على عوائلها أو فرائسها وفى هذه الحالة تحتاج فقط إلى تتبع عوائلها أو فرائسها وليس إلى تتبع وسط إنتشارها. قد يزداد الأمر صعوبة وتعقيداً عندما يختلف وسط إنتشار العائل أو الفريسة عن الوسط الذى يتوفر فيه الغذاء اللازم لكوامل تلك الطفيليات والمفترسات مثل الندوة العسلية والرحيق وحبوب اللقاح، خاصة فى الطفيليات مستمرة تكوين البيض synovigenic والتى تحتاج للغذاء أولاً قبل وضع البيض. فى هذه الحالة يتحتم على العدو الحيوى أن يوازن بين البحث عن العائل والبحث عن الغذاء. وقد يزداد الأمر تعقيداً عن ذلك عند خروج الحشرات الكاملة للأعداء الحيوية من العذارى فى وسط لا يتوفر فيه العائل المناسب ولا الغذاء المناسب، وربما يرجع عدم تواجد العائل المناسب فى وسط خروج كوامل الأعداء الحيوية إلى:-

١- هلاك وموت النباتات المناسبة لنمو العائل الحشرى.

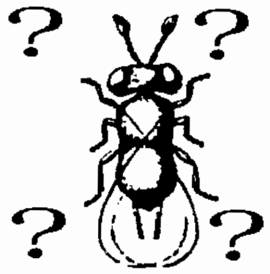
٢- إنخفاض تعداد العوائل الحشرية فى وسط وجود الطفيل أو المفترس نتيجة لنشاط تلك الأعداء الطبيعية.

٣- إستخدام المبيدات الحشرية التقليدية أو الحيوية أو أى نشاط بشرى آخر.

٤- عوامل بيئية غير مناسبة لظهور أو بقاء العائل الحشرى.

٥- تحول العائل إلى عمر أو طور غير مناسب للتطفل أو الإفتراس بواسطة عدو حيوى معين.

ونتيجة لعدم تواجد العائل المناسب فى الوقت المناسب، يلزم أن يتتبع العدو الحيوى عائله وبسرعة وذلك لضمان حفظ النوع. ولكي تقابل الطفيليات أو المفترسات عوائلها أو ضحاياها، لابد لها من التفكير السريع (شكل ٥:١) والإجابة على عدة تساؤلات بصورة سريعة وحاسمة لأن طول حياتها فى الطور الكامل يكون قصيراً ولابد لها من إستثمار تلك الفترة الإستثمار الأمثل، ومن تلك الأسئلة:-



شكل (٥:١) أنثى طفيل الترايكوجراما تفكر فى كيفية الوصول للعائل

١- ما هى المواقع habitats التى لابد لها من زيارتها؟

٢- ما هو نوع العائل المفضل للتطفل أو الإفتراس؟

٣- ما هى أنواع الروائح odours والمشعرات (المحفزات) cues التى يمكن الإعتماد عليها فى الوصول لذلك العائل؟

٤- ما هو حجم الحضنة اللازم وضعه داخل العائل أو بجوار الضحية؟

٥- هل يتم قبول العوائل المتطفل عليها أم لا؟

٦- كيفيه إستغلال العائل، هل فى التغذية أم فى التطفل عليه؟

٧- ما هو نوع الجنس الذى يجب أن تنتجه (ذكراً أم أنثى)؟

٨- ما هى المدة اللازمة لتواجدها فى هذا المكان ومتى تتركه؟

وبناء على ذلك، فإن العدو الحيوى الناجح لابد له من المرور في سلسلة من الخطوات الفرضية أو النظرية حتى يصل لعائله ويستغله الإستغلال الأمثل. كان أول من وضع تلك الخطوات هو العالم سولت Salt عام ١٩٣٥ والعالم لينج Laing عام ١٩٣٧ في صورة خطوتين فقط إلي أن قام العالم فلاندرز Flanders عام ١٩٥٣ بإضافة خطوات أخرى، ثم قام العالم دوت Doutt عام ١٩٦٤ بدمج كل الإقتراحات السابقة في صورة أربعة خطوات وهي الأربعة خطوات الأولى التالية إلى أن قام العالم فينسون Vinson عام ١٩٧٥ بإضافة الخطوة الخامسة وعلى ذلك تكون خطوات إختيار العائل كما يلي:

١- ملاقاة وسط الإنتشار العام، ووسط إنتشار العائل	Habitat location & Host habitat location
٢- ملاقاة العائل أو (إيجاد العائل)	Host location **or** host finding
٣- قبول العائل أو (التعرف على العائل)	Host acceptance **or** host recognition
٤- صلاحية العائل	Host suitability
٥- تنظيم نمو العائل	Host regulation

جدير بالذكر أن تلك الخطوات الخمسة توجد أيضاً عند إختيار الحشرات المفترسة predatory insects لفرائسها، وكذا الحشرات العاشبة (الحشرات المتغذية على الأعشاب) herbivore insects لعوائلها النباتية. وعلى الرغم من أن هناك العديد من الآراء والملاحظات على تلك الخطوات، إلا أن جميع الآراء إتفقت من حيث المبدأ على مصداقية وأهمية عملية إختيار العائل. وعلى الرغم

من وجود هذا التسلسل الجميل والممتع في عملية التطفل الناجحة، إلا أنه من الممكن أن يحدث في الطبيعة إندماج للعديد من الخطوات معاً أو أن تسبق خطوة خطوة أخرى أو يحدث تداخل أو غياب أو تحور لخطوة معينة من تلك الخطوات.

أولاً: ملاقاة وسط الإنتشار العام، ووسط إنتشار العائل

Habitat Location & Host Habitat Location

أ- ملاقاة وسط الإنتشار العام habitat location

تشترك جميع الحشرات والكائنات الحية معاً في مهمة رئيسية ألا وهي ملاقاة الوسط المناسب للغذاء أو وضع البيض أوالتكاثر. أيضاً من المهم أن نذكر أنه على الرغم من أن ملاقاة وسط إنتشار العائل هي أول خطوة من خطوات التطفل أو الإفتراس الناجح، إلا أن هذه العملية لم تلق حتى الآن الإهتمام الكافي من الباحثين.

يقع عبء البحث عن وسط إنتشار العائل (العائل النباتي) غالباً على الحشرة الكاملة في كل أنواع الحشرات المعروفة، وقليلاً ما يقع هذا العبء على الأطوار غير الكاملة. على سبيل المثال نجد أن أنثى الطفيل *Prosena siberita* تتوالد بوضع يرقات العمر الأول في التربة وتأخذ هذه اليرقات على عاتقها شق أنفاق داخل التربة حتى تصل إلي عائلها وهي الجعاليات. أيضا تضع إناث الطفيل التاكيندي *Lexoophaga diatraeae* يرقات العمر الأول في مكان تواجد براز العائل، وعلى اليرقة أن تبحث عن عائلها بنفسها.

بعيداً عن الكوارث المفجعة مثل الفيضانات، والأعاصير، والرياح العنيفة، وهلاك المواطن، فهناك عاملين رئيسيين مهمين يؤثران على تواجد أنثى الطفيل في موقع بعيد عن وسط إنتشار عائله، وهى الظاهرة التي تحتم نمو القدرة على ملاقاة وسط إنتشار هذا العائل. هذين العاملين هما خروج إناث الطفيل emergence، وإنتشار إناث الطفيل dispersal.

خروج إناث الطفيل emergence

عادة ما تهلك الطفيليات عوائلها قبيل إكتمال نموها. وفي الحقيقة، فإن إهلاك العائل يعتبر أحد الإختلافات الرئيسية بين الطفيليات والمفترسات. الأكثر من هذا، فإنه عند خروج إناث الطفيل، فإن عشيرة العائل التي منها خرجت تلك الطفيليات ربما تكون قد إكتمل نموها، ولذا فقد يكون العائل غير متواجد عادة أو يتواجد في طور غير مناسب للتطفل عليه. عادة ما تتكتل المجتمعات الحشرية مكانياً أو زمانياً أو كليهما، ويتغير توزيع هذه التكتلات من موسم لآخر ومن سنة إلى أخرى. لذلك فإنه حتى في الطفيليات التي يمكن أن تتزامن مع عشائر عائلها أثناء

خروجها، فقد يكون هذا التزامن مع الطور المناسب من العائل في وقت تواجده (التوافق الزماني) وليس بالضرورة التزامن معه في المكان (التوافق المكاني). مثل هذه الظاهرة أدت بالضرورة إلى نمو وتطور الميكانيكيات الكافية لملاقاة أوساط إنتشار مناسبة للعائل. ينطبق نفس الشئ على الأنواع الحشرية نباتية التغذية وبصفة خاصة الأنواع منها المتغذية أو واضعة بيضها على عوائل نباتية ليست مستديمة أو ما يعرف بالعشبيات الحولية.

الإنتشار dispersal

يعتبر الإنتشار هو العامل الثاني الذي يؤدي إلى تواجد طفيل ما في موقع بعيد عن عشيرة عائله. هناك عوامل كثيرة يمكن أن تؤثر على إنتشار إناث الطفيل منها:

أ- فترة ما قبل وضع البيض Pre-ovipostional period

في كثير من الحالات، خاصة في الطفيليات مستمرة تكوين البيض synovigenic parasitoids، غالباً ما تكون الأنثى عند الخروج من العذراء غير مستعدة للتكاثر ووضع البيض ويكون كل نشاطها متجه لإتمام عملية التزاوج mating والبحث عن المأوي shelter finding، والبحث عن الغذاء food finding. خلال هذه الفترة، تكون الأنثى غالباً غير مستعدة لإستقبال المشعرات الصادرة من العائل host associated cues أو حتى من وسط إنتشاره host habitat cues. على سبيل المثال وجد أن إناث الطفيل *Opius fletcheri* لا تستجيب لوسط إنتشار عائلها حتى اليوم الثالث من خروجها من العذارى. كذلك وجد أن إناث الطفيل *Pimpla ruficollis* المتطفلة على حشرة *Rhyaciona buoliana* عند خروجها من العذراء لا تتقبل زيت الصنوبر المنبعث من العائل النباتى عند إختباره فى جهاز مقياس الشم olfactometer، بل قد يكون له تأثير طارد repellent للطفيل مما يؤدى إلى تشتتها فى وسط الإنتشار، ولكن بعد مرور ٣-٤ أسابيع من الخروج و بعد إكتمال نمو المبايض، ينقلب الوضع وتنجذب إناث الطفيل لهذا المركب داخل وسط الإنتشار. على الرغم من تلك الأمثلة، إلا أن هناك العديد من الطفيليات والمفترسات التي تستجيب لوسط إنتشار العائل بعد بضعة ساعات من الخروج من العذارى ويكون لمثل هذه الطفيليات أو المفترسات كمية كبيرة من البيض الناضج داخل مبايضها ولديها كذلك مخزون غذائى كاف وبالتالى عليها أن تبحث عن العائل وتنتشر فى وسط الإنتشار.

ب- تعليم أو تمييز العائل Host marking or host discrimination

تم صك هذا المصطلح host discrimination ليوضح كفاءة إناث الطفيليات فى تجنب مهاجمة أو قبول العائل المتطفل عليه، وتقليل البحث فى الوسط الذى تم بحثه من قبل بواسطة طفيل آخر. ولقد كان سولت Salt عام ١٩٣٥ هو أول من سجل أن الطفيل يترك "عاملاً " factor

يمنع حدوث هجوم لاحق، وقد أطلق (فلاندرز Flanders، ١٩٥١) على هذه المادة فيما بعد إسم عامل الأثر spoor factor، ثم قد أشير إليه بمدلولات مختلفة منها عامل الإنتشار dispersal factor أو عامل التعليم marking factor.

ولعل من مميزات تعليم العائل هو تقليل التنافس بين إناث النوع الواحد أو بين إناث الأنواع المختلفة، وتقليل الفقد فى البيض، والإستثمار الأمثل لوقت الطفيل وكذلك الإنتشار وكلها عمليات متداخلة مع بعضها البعض. ونظراً لأن كمية الغذاء المتوفرة فى العائل الواحد محدودة، فإنه من الأفضل أن يتم وضع بيضة واحدة أو عدد محدود من البيض فى أو على الفرد الواحد من العائل حتى تستطيع ذرية الطفيل إكمال نموها.

بالنسبه لأهمية تمييز العائل ودوره فى إنتشار الطفيليات، فقد ذكر أن كثير من الطفيليات تظهر رغبة كبيرة فى البحث المكثف عن العائل intense searching بعد وضع البيض وخاصة فى المناطق المحيطة به، ولهذه الظاهرة أهمية كبرى عند الأخذ فى الإعتبار توزيع العائل host distribution الذي يتواجد على الصور التالية:

١- الكثافة العالية للعائل خلال مساحة شاسعة حيث يكون العائل متوفراً ومتاحاً خلال معظم المساحة المتاحة.

٢- العائل يشغل مناطق محددة داخل الوسط habitat وهناك مناطق أخرى لا يشغلها، أي أنه متكتل في توزيعه.

٣- الكثافة المنخفضة والمتساوية للعائل على المساحة.

فى الحالة الأولى والثانية يؤدى تمييز العائل إلى تحفيز الطفيل على البحث المكثف عن العائل إذ من المتوقع أن يقود إلى إكتشاف عوائل إضافية وبالتالى يزيد من فرصة ملاقاة الطفيل لعوائله المتوفرة أصلاً فى البيئة. أما فى الحالة الثالثة فإن البحث المكثف في المنطقة عند ملاقاة العائل المتطفل عليه غير مجد ويعتبر ضياعاً لوقته ومجهوده. تم تسجيل هذه الإستراتيجية أيضا فى كثير من الكائنات الحية الأخرى ويشار إليها بالبحث الناجح المحفز (SMS) success motivated searching. فى حالة المفترسات التى لها هذه الخاصية (SMS)، فإنها تزيل الفرائس (مصادر الغذاء) من وسط الإنتشار وبالتالى تُحد من فرصة ملاقاة مصدر الغذاء فى هذه المنطقة لاحقاً. أما فى حالة الطفيليات، فيكون لهذه الخاصية بُعد آخر، حيث فى حالة التطفل على عوائل غير متحركة sessile hosts فإن هذه الظاهرة تزيد من معدل مقابلة الطفيل لعائل متطفل عليه من قبل، خاصة مع زيادة العدد المتطفل عليه من العائل فى وحدة المساحة. أما إذا كان العائل

المتطفل عليه متحرك، فإن أهمية فيرومون التعليم تكون قليلة وبالتالى فإن وضع البيض فى عائل متطفل عليه من قبل ما هو إلا فقد للبيض والوقت والطاقة وبالتالى تكون أهمية تعليم العائل host marking هو تجنب كل هذه الأنشطة السلبية للأعداء الطبيعية. وعلى هذا، فإنه من الأفضل لإناث الطفيليات أن تترك أو تغادر فوراً المنطقة التى يتواجد فيها عوائل متطفل عليها والبحث عن منطقة أخرى أكثر إنتاجية productive habitat.

جـ - كثافة العائل Host density

من المعروف أن قلة الكثافة العددية للعائل المناسب أو وجود العائل غير المناسب يؤدى إلى تقليل الوقت الذى يقضيه العدو الحيوى فى بيئة معينة. كذلك فإن وجود العائل بكثافة منخفضة وغير كافية insufficient number قلما يشجع الطفيل على البقاء فى تلك المنطقة. من المعروف أيضاً أن أى أنثى للطفيل سوف تقضى فترة زمنية محددة فى وسط habitat معين حتى لو كان غير جيد low quality habitat، ولكن عند حد معين فإنه من الأفضل أن تغادر أنثى الطفيل المكان. وعلى هذا فمن المسلم به، أن تغادر، وبسرعة، أنثى الطفيل مكان خال من العائل المناسب توفيراً للجهد والطاقة والوقت. ولكن فى حالة ما إذا تم العثور على العائل (بواسطة الكيرومونات)، فإن بقاء الطفيل بصورة أطول، فى مثل هذا المكان يكون مقبولاً، كما أن معاملة ورش مثل هذه الكيميائيات على النباتات يزيد من بقاء الطفيل على النباتات وبالتالى يزيد من فرصة مقابلة العائل وزيادة نسبة التطفل.

د- العوامل البيئية Environmental factors

قد تؤثر العوامل البيئية على إنتشار الطفيليات والمفترسات. وعلى الرغم من وجود قليل من الدراسات حول هذه النقطة، إلا أنه إذا وجد العدو الحيوى فى موقع جيد من حيث توفر العائل فإنه فى بعض الأحيان قد يكون مضطراً لمغادرة المكان بسبب الظروف البيئية غير المواتية له مثل الحرارة والرياح ......إلخ. على سبيل المثال، وجد أن الرياح تقلل من الكفاءة البحثية لكثير من أنواع الطفيليات والمفترسات الحشرية. كذلك فإن شدة الضوء قد تؤدى إلى تقليل الكفاءة البحثية أو فشل البقاء فى مكان معين. كذلك وجد أيضاً أنه على الرغم من توفر ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* بتعداد مناسب داخل الصوب، إلا أن عدم توفر درجة الحرارة المناسبة (٢٠°م فأكثر) يؤدى إلى تقليل نشاط الطفيل *Encarsia formosa* وبالتالى التقليل من كفاءته فى ضبط تعداد هذه الآفة تحت الحد الإقتصادى للضرر.

هـ – العوامل البيولوجية Biological factors

من المعروف أن كثيراً من الطفيليات تضطر إلى ترك مكان أو وسط جيد وتنتقل إلى وسط آخر وذلك لعدم توافر العدد الكافى من البيض الناضج mature eggs داخل المبايض خاصة فى الطفيليات مستمرة تكوين البيض synovigenic parasitoids. فى مثل هذه الحالة، يكون إنتشارها إلى مكان آخر بغرض البحث عن الغذاء. أيضاً، فإن كثيراً من الأعداء الطبيعية قد تضطر إلى ترك مكان جيد فى حالة تواجد منافسين لها من طفيليات أولية او مفرطة أو مفترسات، ولعل من أكثر الأمثلة المعروفة هو قلة نشاط الطفيليات ومن ثم إنخفاض نسبه التطفل لكثير من الطفيليات الحشرية نظراً لتواجد النمل على النباتات. أيضاً فقد ثبت أن الكفاءة البحثية لكثير من طفيليات الذباب الأبيض التابعة لجنس *Encarsia* ومن ثم الكفاءة الفعلية فى مكافحة الآفة المستهدفة (الذباب الابيض) تعتمد على تعداد ونشاط الطفيليات المفرطة.

و – الحالة الغذائية للعدو الحيوى Nutritional state

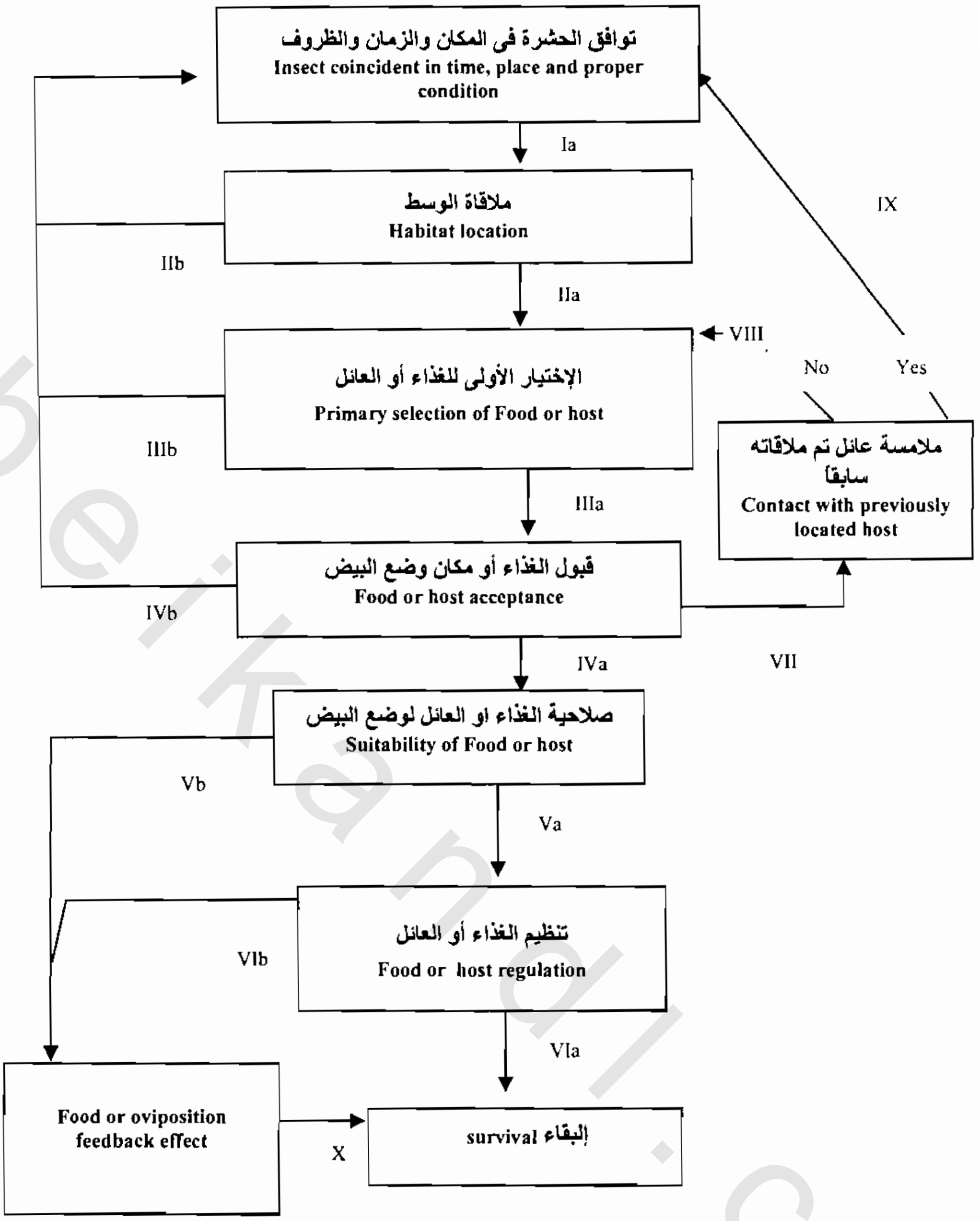
ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن الحالة الغذائية لعدو حيوى ما تؤثر بصورة رئيسية ليس فقط على إنتشاره فى الوسط بل وعلى قبوله للعائل أيضاً. على سبيل المثال، وجد فى كثير من الحالات، خاصة فى الأعداء الطبيعية التى تحتاج إلى وجبة غذائية قبل وضع البيض anautogenous natural enemy، أن عدم توفر الغذاء المناسب فى وسط الإنتشار (على الرغم من توفر العائل المناسب) يؤدى إلى تجاهل العائل تماماً وإنتشارها فى وسط آخر للبحث عن الغذاء. وهنا فعلى العدو الحيوى الناجح أن يوازن بين الإنتشار بحثاً عن الغذاء والإنتشار بحثاً عن العائل خاصة فى أوساط الإنتشار التى لا تحتوى على كل من الغذاء والعائل فى نفس الزمان والمكان. من أهم مصادر الغذاء اللازمة بصورة رئيسية للعدو الحيوى والهامه للبقاء الندوة العسلية، وحبوب اللقاح، والرحيق. ولعل من الواجب ذكره أن الإتجاه العام حالياً هو زراعة نباتات مزهرة وغنية بجوار المزارع التى يطلق فيها الأعداء الحيوية وذلك بغرض تقليل فرص إنتشار العدو الحيوى خارج وسط الإنتشار المطلوب تركيزه بها لمكافحة آفة معينة.

إختيار وإستخدام مصادر الغذاء أو مصادر وضع البيض
Selection and use of food or ovipositional resources

من المعروف أنه فى كل أنواع الحشرات لابد أن تتوافق مع غذائها، وكذلك مع أماكن وضع البيض، وأن تكون درجة الحرارة والرطوبة والرياح والضوء مناسبة. أيضا تتشابه كثيرمن الحشرات العاشبة herbivores مع الطفيليات فى كثير من خطوات إختيار العائل أو الغذاء (من Ia

– IIIa) (شكل ٢:٥). مثال على ذلك ماهو معروف عن فراشة الغجر *Lymantria dispar* التى تتشابه مع الطفيل التاكيندى *Lixoophaga diatraeae* فى أن كليهما يضع نسله على مسافة من غذاء هذا النسل، وعلى الأطوار غير الكاملة لكليهما أن تكمل بنفسها الخطوات المتبقية للبحث عن العائل أو الغذاء، وأن كليهما يقف عند المرحلة (IIa). كما أن الحشرات الكانسة أو المفترسة والعاشبة عند بحثها عن غذائها تتبع نفس الخطوات من (Ia: IIIa) ثم بعد ذلك تنتقل إلى تقدير مدى ملائمة الغذاء أو العائل host or food suitability ولكن الخطوة الأخيرة وهى تنظيم نمو العائل أو الغذاء host or food regulation فإنها تكون أكثر أهمية فى كل من الحشرات المفترسة والمتطفلة. وجد أن الحشرات المتغذية على النباتات عند وضعها للبيض على أو داخل العائل تفرز مواداً ضارة أو قليلة الضرر بالنباتات وذلك من أجل تنظيم العائل النباتى. من أمثلة ذلك يرقة سوسة لوز القطن *Anthonomus grandis* التي تفرز مواد كيميائية عند إنسلاخها تؤدى إلى إنفصال اللوز (الموجود بداخله اليرقات) عن باقى النبات. أيضاً خنافس القلف من النوع *Dendroctonus* sp. لابد أن تشغل أشجار العائل بتعداد كبير حتى تتغلب على مقاومة العائل وذلك لضمان نجاح نمو الحضنة (الأطوار غير الكاملة) مما يؤدي إلى موت الشجرة أو جزء منها. كذلك نمو الأورام النباتية ما هو إلا مثال آخر لهذه العملية الهامة. كذلك تعمل الطفيليات الحشرية على تنظيم نمو العائل بما يتناسب مع نمو أطوارها غير الكاملة مثل طفيل *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيض فراشة درنات البطاطس حيث يعمل الطفيل على إبطاء نمو الأطوار اليرقية للعائل. أيضاً ذكر أن الطفيل *Microplitis croceipis* يحقن فيروس داخل العائل ليرفع من مستوى سكر التريهالوز trehalose فى دم العائل، وكذلك الطفيل *Campoletis sonorensis* يبطىء من سرعة نمو عائله *Heliothis virescens*.

من الجدير بالذكر هنا أن نجاح وصول الطفيل لعائله (أو مكان وضع البيض) أو مصدر الغذاء يكون دافعاً أو حافزاً stimulus لإستمرار البحث الناجح المحفز SMS. ولكن عند ملامسة الطفيل لعائل أو مصدر غذاء تم ملاقاته من قبل طفيل آخر، فإن ذلك يؤدى إلى مغادرته للمكان والإنتشار إلى مكان آخر. أيضاً من المهم أن نذكر هنا أنه عند أى خطوة من الخطوات السابقة الخاصة بإختيار العائل أو مصدر الغذاء، فإن الطفيل قد يفشل فى الإستمرار فى البحث نتيجة لفشله فى إستقبال وإستخدام المنبهات أو المشعرات المناسبة appropriate stimuli or cues وبالتالى الإنتشار إلى مكان آخر (XI).


توافق الحشرة فى المكان والزمان والظروف
Insect coincident in time, place and proper condition
Ia
ملاقاة الوسط
Habitat location
IIb
IIa
IX
VIII
الإختيار الأولى للغذاء أو العائل
Primary selection of Food or host
No
Yes
IIIb
ملامسة عائل تم ملاقاته سابقاً
Contact with previously located host
IIIa
قبول الغذاء أو مكان وضع البيض
Food or host acceptance
IVb
IVa
VII
صلاحية الغذاء او العائل لوضع البيض
Suitability of Food or host
Vb
Va
تنظيم الغذاء أو العائل
Food or host regulation
VIb
VIa
Food or oviposition feedback effect
X
survival البقاء

شكل (٢:٥): رسم تخطيطى لخطوات إختيار العائل أو الغذاء بواسطة الأعداء الطبيعية أو الحشرات الأخرى

ب- ملاقاة وسط إنتشار العائل Host habitat location

من المعروف أن التوجه orientation الجيد لمعظم الحشرات من مسافة متر أو أكثر غالباً ما يكون إستجابة للكيميائيات المتطايرة volatile chemicals، أوالضوء light، أوالصوت sound، أو الرؤيه vision، أو أي صورة أخرى من صور الإشعاعات الكهرومغناطيسية electromagnetic radiations. هناك عدة مصادر لهذه العوامل وهى (شكل ٣:٥):-

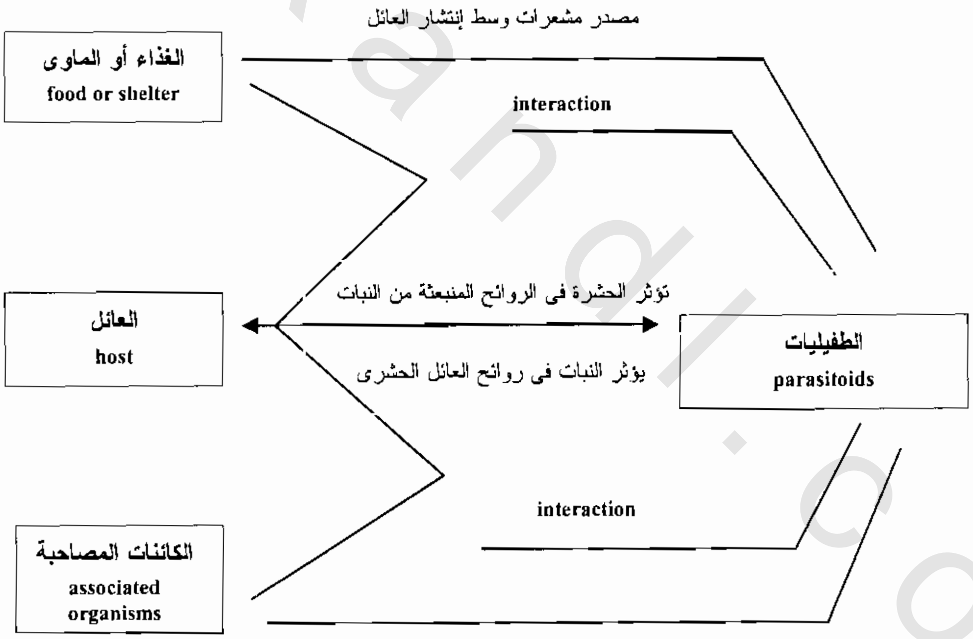
١- العائل Host

٢- غذاء العائل أو المأوى Host's food or shelter

٣- الكائنات المصاحبة للعائل Associated organisms to the host

٤- التفاعل بين كل هذه العوامل مجتمعة Interaction between all factors

تعتبر النباتات هى العامل الأكثر أهمية فى إنتاج هذه الروائح التى يستدل فيها على وسط إنتشار العائل، أما الوصول أو إيجاد العائل أو مصدر الغذاء ووضع البيض لكل من الحشرات العاشبة أو المترممة، فإنه غالباً ما يكون إستجابة لمصادر كهرومغناطيسية (الرؤية) أو كيميائية علاوة على حركة العائل وكلها مصادر هامة تستخدم بواسطة الطفيليات والمفترسات للوصول للعائل.



شكل (٣:٥) رسم مبسط يوضح مصادر الروائح أو المشعرات المختلفة المستخدمة فى ملاقاة وسط الإنتشار

يتم تقسيم توجه الأعداء الطبيعية وإستجاباتها للروائح وفقاً لمسافة الإرسال والإستقبال إلى:

١- **توجه قصير المدى short range orientation**: فيها يتم الإرسال والإستقبال خلال مسافات قصيرة نسبياً (سنتيمترات محدودة) من المصدر مثل الإهتزاز وحركة العائل والكيميائيات التى تعمل فى نطاق أو مسافات قصيرة.

٢- **توجه طويل المدى long range orientation** وفيه يكون التوجه من خلال مسافة أطول قد تطول لعدة مترات أو أكثر، وهذه المجموعة تشمل الكيميائيات المحمولة عبر الهواء، والرؤية، والصوت وكذلك الجاذبات النباتية plant synomones.

هناك عدة عوامل تلعب دوراً هاماً فى عملية ملاقاة الطفيل لوسط إنتشار عائله منها:-

ا) **نوع العائل النباتى Host plant**: برهنت كثير من الدراسات بشكل قاطع على الدور الذى يلعبه العائل النباتى فى توجه أوجذب الطفيل إلى وسط إنتشار عائله. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل *Cardiochiles nigriceps* ينجذب إلى نباتات دخان خالية من الإصابة، وكذلك وجد أن الطفيل *Opius fletcheri* ينجذب إلى مكان تواجد عائله بصرف النظر عن وجوده فيه. أيضاً من المعروف أن الطفيل *Macrobracon brevicornis* ينجذب لعائله الحشرى *Helicoverpa armigera* عندما يتواجد فقط على نباتات *Antirrhinum* sp. رغم أنها تصيب عدداً كبيراً من العوائل النباتية. أيضاً وجد أن الطفيل *Cotesia nigriceps* المتطفل على حشرة *Heliothis virescens* يهاجم ذلك العائل الحشرى على العديد من العوائل النباتية مثل القطن والذرة والدخان ولكن لم يتم تسجيله على تلك الآفة على نباتات الفول السودانى.

ب) **تفضيل وسط الإنتشار Habitat preference**: ليس فقط العائل النباتى هو الذى يلعب دوراً أساسياً فى جذب الطفيل لملاقاة عائله، بل وجد أيضاً أن أفضلية وسط الإنتشار له دور كبير هو الآخر فى ذلك. يتم إختيار وتفضيل الموقع بواسطة عدة عوامل تتضمن الحرارة، والرطوبة، وشدة الضوء، والرياح، والغذاء. وهناك عدة أمثلة على ذلك نذكر منها:

١- وجد أن الطفيل *Cotesia nigriceps* يكون نشطاً جداً فى البحث عن عائله على نباتات الدخان فى المواقع المفتوحة المشمسة open-sunlight habitats، ولكن إذا ما تم نقل النباتات إلى أرض الغابات مثلاً أو مواقع مظللة، فإن قدرة البحث لدى الطفيل تكون ضعيفة جداً. كذلك وجد أن الطفيل يفضل دائماً النباتات المصابة بيرقات دودة الدخان ولم تهبط الإناث على العائل الذى تم إتلافة ميكانيكياً (عن طريق قطع جزء من الأوراق)، كما إزدادت فترات بقاء وعدد

زيارات الطفيل على النباتات المصابة. ويوضح جدول (١:٥) ملاحظات على زيارة هذا الطفيل لنباتات الدخان في مواقع مختلفة في وجود أو عدم وجود يرقات عائله.

٢- وجد أن الطفيلين *Chelonus insularis* و *C. texanus* يفضلا البحث عن العائل فى الأجزاء السفلية من العشب أو النباتات حتى عند الإطلاق على الأجزاء العلوية منها.

٣- سجل أن الظروف البيئية داخل الوسط تلعب دوراً كبيراً فى إنتشار ومهاجمة العوائل النباتية المتاحة بالحشرات العاشبة وكذلك طفيلياتها، حيث وجد أنه على الإرتفاعات المختلفة من نفس العائل النباتى ربما يُهاجم نفس العائل الحشرى بطفيليات مختلفة بيولوجياً وتقسيمياً.

٤- قد تؤدى وفرة مصادر الغذاء فى نبات معين إلى توطين الطفيليات عليه وبالتالى زيادة نسبه التطفل. على سبيل المثال وجد أن توفر الرحيق في أزهار حشيشة *Erigeron* أدى إلى زيادة نسبة التطفل على حشرة *Lygus pallipes* مقارنة بنسبة التطفل على أنواع الحشائش التابعه لأجناس *Oenothera, Daucus, Solidago*.

جدول (١:٥) يوضح بعض الملاحظات على زيارة الطفيل *Cotesia nigriceps* لنباتات الدخان فى مواقع مختلفة فى وجود أو عدم وجود يرقات دودة الدخان *H. virescens*.

حالة النبات والوسط	عدد النباتات	عدد إناث الطفيليات الهابطة على النبات
١- شمس ساطعة – خالية من يرقات العائل – النباتات غير مصابة أو متلفة	١٢	٢
٢- شمس ساطعة – خالية من يرقات العائل – النباتات مصابة أو متلفة بثقوب ناتجة من يرقات العائل	٨	١٤
٣- شمس ساطعة – يرقات العائل موجودة – النباتات مصابة أو متلفة بثقوب ناتجة من يرقات العائل	٩	٢٣
٤- غابات ووسط مظلل – خالية من يرقات العائل – النباتات غير مصابة أو متلفة.	صفر	صفر
٥- غابات ووسط مظلل – خالية من يرقات العائل – النباتات متلفة بواسطة ثقوب اليرقات.	صفر	صفر
٦- غابات ووسط مظلل – يرقات العائل موجودة – النباتات متلفة بواسطة ثقوب اليرقات.	صفر	صفر

(فينسون Vinson، ١٩٧٥)

٥- وجد أن الأنواع التابعة لنفس الجنس قد تختلف فيما بينها فى تفضيلها لوسط معين، فقد وجد أن الجنس *Trichogramma* فيه النوع *T. evanescens* الذي يفضل أوساط الإنتشار الحقلية عكس النوع *T. embryophagum* الذى يفضل أوساط الأشجار والشجيرات arboreal habitats، أما النوع *T. sembilidis* فيفضل المستنقعات والأراضى السبخة marsh habitats. وقد عزى هذه الإختلافات بين الأنواع الثلاثة إلى الإختلافات فى طبائع وأسلوب المشى والطيران.

جـ) النباتات المجاورة Adjacent plants: من الممتع أيضاً أن نذكر أنه فى بعض الحالات، قد تلعب النباتات المجاورة أو المحملة على محصول معين على زيادة نشاط الطفيل. على سبيل المثال، إزدادت نسبة التطفل بالطفيل *Diateretiella rapae* على حشرة المن الموجود على بنجر السكر الملاصق لنباتات الكولارد Collard مقارنة بالمن الموجود على نباتات غير ملاصقة لهذه النباتات. على ذلك يبدو أن تأثير نبات الكولارد يرجع إلى جذب الطفيليات التى تبحث عن العائل على النباتات المجاورة له، وعلى العكس من ذلك فقد وجد فى بعض الحالات أن النباتات المصاحبة والمجاورة قد تلعب دوراً مضاداً لما ذكر سابقاً إذ تفرز مواداً طاردة أوخادعة masking or repellent chemicals تتداخل مع عملية البحث عن وسط الإنتشار. على سبيل المثال، فقد سجل إنخفاض فى نسبة التطفل بالطفيل التاكينيدى *Bessa harveyi* والطفيل *Drino bohemica* المتطفلة على حشرة *Pristiphora archsonii* المتغذية على نباتات *Larix laricinia* الملاصقة لنباتات أو أشجار غير مصابة أو هالكة، بينما كانت نسبه التطفل أعلى بكثير فى حالة عدم وجود نباتات أو زراعات مجاورة للنبات *L. laricinia* وقد عزى هذا إلى إفراز تلك النباتات لإفرازات كيميائية طاردة للطفيليات.

ولعل من المهم أن نذكر ميل الطفيليات وتفضيلها لمهاجمة مجموعة من العوائل الحشرية المرتبطة بعائل نباتى واحد أو فى وسط إنتشار واحد. وجد أن الطفيل *Bracon mellitor* المتطفل على سوسة لوز القطن يمكن أن يهاجم مختلف العوائل الحشرية المتواجدة فى لوز القطن. أيضاً ذكر أن العديد من طفيليات غشائية الأجنحة تتطفل على عوائل حشرية تتبع عائلات بل ورتب حشرية مختلفة ولكن يتغذى معظمها على عائل نباتى أو مصدر نباتى واحد، وبذا يكون للعائل النباتى الدور الأهم فى الوصول إلى وسط الإنتشار. مثال على ذلك ما وجد أيضاً فى الطفيل *Sympiesis manylandensis* (Eulophidae) الذى يتطفل على حوالى أربعين عائلاً حشرياً من ثلاث أجناس حشرية تتبع عائلة Gracillaridae وكلها نافقات أوراق على أشجار العائلة الوردية.

يتطفل الطفيل *Itoplectis conquisitor* على مجموعة العوائل الحشرية التى تهاجم نبات الصنوبر من الصنف سكوتس ولا يهاجم تلك العوائل على نبات الصنوبر الأحمر ويرجع السبب فى ذلك إلى إنجذاب الطفيل للروائح المنبعثه من صنف الصنوبر الأول. أيضاً فإن مادة البينين pinnen (من التربينات terpenes) المفرزة من الأشجار عقب مهاجمة خنافس القلف لها، تجذب الطفيل *Heydenia unica* المتطفل على خنافس القلف. أيضاً فإن الطفيل *Ventura canescens* (*Nemaritis*) ينجذب لحبوب الشوفان سواء كانت مصابة أو غير مصابة بفراشة الدقيق.

خلاصه القول، فإن الدور الذي يلعبه العائل النباتي في وصول الطفيل لعائله هو دور أساسى وهام في عملية التطفل ولذلك فإن هناك إهتماماً كبيراً في البرامج الحديثة لمكافحة الآفات بتربية سلالات مقاومة للآفات الحشرية من خلال برامج تربية وإنتاج تعمل على تقليل المواد الجاذبة attractants، أو زيادة المواد الطاردة repellents فيها، أو زيادة تحمل النباتات، أو التضاد الحيوي antiobiosis، فإذا كانت لهذه السلالات النباتية الناتجة من تلك البرامج تأثيراً مباشراً على كفاءة الطفيليات بالسلب، فإن أهمية تلك البرامج تكون معدومة وذات تأثير عكسي على مكافحة الآفات بيولوجياً. على سبيل المثال، إذا أدى إستخدام أصناف مقاومة لآفة معينة ولتكن دودة ورق القطن إلي خفض تعداد الطفيليات إلي ٥٠% أوأكثر فإن المحصلة النهائية لهذه العملية هي زيادة تعداد الآفة بصورة كبيرة نظراً لإنخفاض تعداد الطفيليات المصاحبة وعلى ذلك لابد من وجود متخصص في برامج المكافحة الحيوية والحشرات مع المشتغلين ببرامج تربية نباتات مقاومة للآفات الحشرية والأكاروسية. والأكثر من ذلك، فإن تعريف تلك الجاذبات النباتية المفرزة synomones قد تساعد المشتغلين ببرامج التربية في إنتاج أصناف ذات كفاءة عالية في إفراز تلك المواد وبالتالي زيادة كفاءة الطفيليات والمفترسات في الوصول للعائل، أو قد تستخدم تلك المواد عن طريق التطبيق المباشر رشاً على النباتات.

وعلى الرغم من الإسترسال والإطالة في أهمية العائل النباتي في وصول الطفيل لعائله أو ما يعرف بملاقاة وسط الإنتشار، فإن هنالك عوامل أخرى تلعب دوراً ليس بالأهمية القليلة عن العائل النباتي ألا وهي الكائنات المصاحبة associated organisms. ذكر على سبيل المثال، أن الفطر *Monolinia fructicola* ينتج كمية من الأسيتالدهيد في ثمار الخوخ المتعفنة تجذب الطفيل *Biosteres (Opius) longicandatus* إلي الثمار المحتواه على يرقات ذبابة الفاكهة، بل والأكثر من هذا فقد وجد أن الطفيل ينجذب إلي الثمار المتعفنة بصرف النظر عن وجود العائل.

وجد كذلك أن الطفيليات التي تهاجم الكائنات المترممة تعتمد بشكل أساسي على الروائح الناتجة من الكائنات المصاحبة للوصول للعائل. فقد وجد، على سبيل المثال، أن الطفيل *Alysia manducater* ينجذب ليرقات الذباب *Calliophora* المجموعة من اللحم بدون تنظيفها حيث كانت رائحة اللحم المتعفن هامة فى وصول الطفيل لعائله. كذلك إنجذبت إناث هذا الطفيل للحم الطازج ولحم عمره يومين ولحم فاسد حتى في حالة عدم وجود العائل. ونفس الظاهرة تم توثيقها وتأكيدها بالنسبة لطفيل *Nasonia (Mormoniella) vitripennis* حيث وجد أن يرقات الذباب التي تم تنظيفها من بقايا الجيفة وسمح لها بالتعذير في ورقة تواليت نظيفة لم تكن أبداً جاذبة للطفيل ولهذا فإن الطفيل ينجذب لروائح ناتجة من تغذية يرقات الذباب على الجيفة. وعلى ما يبدو أيضاً أن وجود رائحة من العائل النباتي على العائل الحشري يزيد من قابلية الطفيل لها، مثال ذلك، وجد أن طفيل المن *Diaeretiella rapae* يتقبل المن المزال من على عائله النباتى منذ فترة قريبة (١٥ دقيقة) ولا يتقبل المن المزال من النباتات منذ ٢٤ ساعة مما يدلل على وجود الروائح النباتية على العائل الحشرى وكذلك روائح ناتجة من التفاعل بين النباتات والعائل الحشرى.

ثانياً: ملاقاة الطفيليات لعوائلها Host Location or Host finding by Parasitoids

من المهم، وعقب ملاقاة الطفيل لوسط إنتشار عائله أن يصل بسرعة إليه. عرف هذه العملية بملاقاة العائل host location. تم تعريف هذه العملية بأنها إستقبال وتوجه الطفيل لعائله من مسافة نتيجة الإستجابة للمنبهات الصادرة من العائل أو منتجاته.

وعلى هذا فهناك ملاحظتين فى هذا التعريف وهما:-

١- لابد لتلك المنبهات stimuli أن تكون مرتبطة بوجود العائل نفسه host أو أحد إفرازاته secretion أو إخراجاته excretion.

٢- لابد أن يستجيب الطفيل لمثل هذه المنبهات من مسافة ما من العائل ويستخدمها فى الوصول إليه.

ينطبق هذا التعريف إلى حد كبير على سلوك معظم الطفيليات الحشرية المعروفة ولكن هناك مجموعة من الطفيليات التى تشذ بالتأكيد عن هذا التعريف مما يجعل هناك صعوبة في تعميمه على باقى الطفيليات، مثله فى ذلك مثل باقى التعريفات العلمية التى غالباً ما يكون عليها بعض الملاحظات. على سبيل المثال، وجد أن أنثى الطفيل التاكينيدى *Cyzenis albicans* تضع بيضاً على وشك الفقس على العائل النباتى المتلف صناعياً artificially damaged plants مماثلاً لوضع البيض على العوائل المصابة والمتلفة طبيعياً naturally damaged plants بوجود العائل

الحشري وهو فراشة الشتاء *Operophtera brunata*. وجد أن الحافز هنا لوضع البيض هو معدل سريان العصارة بما فيها من سكريات فى النباتات والتى قد تحدث نتيجة الضرر الميكانيكى الصناعى أو الإصابة الطبيعية بأى آفة على ذلك العائل النباتى. وعلى ذلك فعند الوفرة العددية لفراشة الشتاء تكون عملية ملاقاة العائل سهلة وذلك لسريان العصارة النباتية نتيجة التغذية الحشرية عليها. كذلك الطفيل *Apanteles melanoscelus* الذي يتطفل على يرقات فراشة الغجر *Lymantria dispar* يختبر، بتركيز، أي سطح مغطى بالإفراز الحريري لهذه الفراشة لإحتوائه على كيرومون يذوب في الماء، وهذا يساعد الطفيل في ملاقاة عوائله. تكون إستجابات هذا الطفيل ضعيفة جداً للإفراز الحريري لأنواع أخرى من حشرات حرشفية الأجنحة. كذلك يمكن أن تهاجم الفراشة *Hemerocampa leucostigma* بنجاح بواسطة الطفيل *A. melanoscelus* تحت ظروف معملية أو حقلية مناسبة. وبسبب تخصص هذا الطفيل للكيرومون المتواجد في الإفراز الحريري لفراشة الغجر فيمكن أن تقبل أو ترفض العوائل قبل أن تتلامس مع الطفيل.

من المهم أن نوضح أن ملاقاة العائل هى عملية معقدة وليست بسيطة تعتمد بشكل كبير على إيكولوجيا وبيولوجيا العائل الحشرى. يستخدم نوع واحد من الطفيليات خلال هذه العملية مشعرات التوجه طويل المدى مثل الكيميائيات، والصوت، والضوء وقد يستخدم التوجه قصير المدى مثل بقايا العائل، أوالملامسة الفعلية له من خلال الكيميائيات الناتجة من جدار جسمه. على سبيل المثال، نجد أن إناث الطفيل *Ventura (Nemaritis) canescens* تنجذب من مسافة لرائحة عائلها يرقات فراشة الدقيق *Anagasta kuehniella*. تفحص الإناث طبقات الدقيق الملوثة بإفرازات الغدد الفكية للعائل وتبدأ في غرس آلة وضع البيض عشوائياً حتى ملاقاة العائل. يمكن أن تتم مثل هذه السلوكيات المتفاوتة بمنبهات فسيولوجية أو كيميائية وبوسائل مختلفة لكل نوع من الطفيليات. والأكثر من هذا يمكن أن يكون لنفس المنبه وظائف مختلفة بناء على البيئة المحيطة context. تستعمل إفرازات الغدد الفكية التي يختبرها الطفيل *Ventura canescens* كفيرومون إنتشاري dispersal pheromone لعائله.

ملاقاة العائل بواسطة المنبهات الطبيعية Host location involving physical stimuli

من المهم أن نذكر أن قليلاً من الدراسات هي التي تمت على دراسة تأثير المنبهات الطبيعية (الفيزيائية) وإستخدامها في ملاقاة الطفيل أو المفترس لعوائله أو فرائسه، وسنوضح هنا أهمية بعض المنبهات الطبيعية وهى:-

١- **الصوت sound**: يلعب الصوت دوراً هاماً في وصول الطفيليات إلي عوائلها المختبئة concealed hosts مثل نافقات الأوراق وناخرات السوق وخنافس القلف. على سبيل المثال، وجد أن الصوت الناتج من العائل يستخدم بواسطة الطفيل التاكنيدي *Euphasiopteryx ochracea* لمقابلة صراصير الغيط، وكذلك يستخدم الصوت بواسطة الطفيل *Calcondamyia auditrix* (Sarcophagidae) لملاقاة حشرات نطاطات الأوراق Jassids. في كلا الطفيلين السابقين نجد أن كليهما ينجذب أكثر إلي غناء وأصوات الذكور وغالباً ما تكون نسبة التطفل على الذكور أعلى منها على الإناث. لوحظ أيضاً إستعمال الطفيليات للإشارات السمعية مثل الطفيل *Dapsilartha rufiventris* الذى يستعمل الأصوات التى تصدر من عائله *Phytomyza rununculi* الذي يتغذى داخل أنفاقه. يمكن أن يحدث جذب مباشر للعدو الحيوى من بعد بواسطة المنبهات السمعية، إذ تستغل الأصوات فى إكتشاف العوائل التى تتصل مع بعضها عن طريق الأصوات كما هو الحال فى حشرة النطاط وحشرة صرصور الغيط. دُفع الطفيل التاكيندى *Ormia ochareacea* بأن يضع يرقات larvioviposition علي صراصير غيط موضوعة بجوار مكبر صوت يصدر أصواتاً تماثل أصوات نفس النوع من الصراصير، أما تلك التى إرتبطت بأصوات أخرى مختلفة، فلم تقم الأنثى بمهاجمتها إطلاقاً. كذلك يستغل الطفيل *Dapsilarthra rufiventris* الأصوات الصادرة من يرقات عائله *Phytomyza ranunculi* التي تتغذى داخل أنفاقها، إضافة إلى الكيرومونات، في ملاقاة عوائلها من على مسافات قصيرة. وهناك من الظواهر على أن هذا الطفيل يمكنه أن يستغل أيضاً لون النفق كأحد المشعرات لتتبع العائل من على مسافة قصيرة.

٢- **الرؤية vision**: تعتبر الرؤية أقل أهمية لدى الطفيليات عند ملاقاة عوائلها نظراً لحركة وإختباء العائل. قد لا يكون من المهم رؤية العائل للوصول إليه ووضع البيض، ولكن يمكن الإستنتاج على وجود العائل ونشاطه مثل خنافس القلف *Dendroctonus pseudostugae* حيث أن نشاط هذه الحشرة وتواجدها يرفع درجة حرارة الخشب بمقدار درجة مئوية واحدة. وقد أوضحت النتائج التجريبية أن رفع درجة حرارة الخشب بمقدار درجتين مئويتين مع عدم وجود العائل أدى الى محاولة الطفيل *Coeloides brunneri* وضع البيض فى تلك المنطقة ذات درجة الحرارة العالية كدليل على وجود العائل. يمكن أيضاً أن تُستقبل المنبهات والإشارات البصرية فى كثير من المفترسات الحشرية من عائلة Asilidae من رتبة ثنائية الأجنحة وعديد من عائلات الرعاشات وكذلك الذباب السارق من عائلة Sphecidae حيث يمكنها تتبع وإصطياد الفريسة.

٣- **التأثيرات الكهرومغناطيسية electomagnetic effects:** لم يتم التاكد من أهميتهما حتى الآن فى ملاقاة العائل بالتجارب المعملية الدقيقة.

٤- **الإهتزاز vibration:** وفيها يستقبل الطفيل الإهتزازات الحادثة فى موقعه الدقيق microhabitat نتيجة حركة العائل حتى ملاقاته. فى طفيليات العوائل المختبئة من عائلات Phoridae, Cecidomyiidae, Sarcophagidae, Drosophilidae, Muscidae & Spsidae تستخدم تلك الطفيليات على الأقل إحدى طرق البحث الآتية:-

أ)- **البحث بواسطة آلة وضع البيض ovipositor search** وفيها يقوم الطفيل بوخز موقعه الدقيق microhabitat بآلة وضع البيض حتى ملامسة العائل. تكون يرقات دودة الدخان معرضة معظم الوقت على الأوراق، إلا أنها أيضاً تتواجد داخل البراعم والقرون حيث يكون مدخلها مغطى بالبراز. عند ملاقاة إناث الطفيل لمثل هذه الأماكن، فإنها تتحسس المكان بواسطة قرون الإستشعار ثم تبدأ فى الطعن والوخز بآلة وضع البيض. أيضاً فإن أنثى الطفيل *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيض فراشة درنات البطاطس، عند ملامستها لبراز يرقاتها فإنها تبدأ بالطعن بآلة وضع البيض فى القماش أو الأوساط الملوثة بالبراز. أيضاً فإن هذا الطفيل يستعمل كل من آلة وضع البيض وقرون الإستشعار فى البحث عن العائل.

ب)- **البحث بواسطة قرون الإستشعار antennal search هنا** يقوم الطفيل بالتطبيل بواسطة قرون الإستشعار على سطح الموقع المحتمل تواجد العائل به حتى يتم الملامسة الفعلية للعائل. هناك كثير من الدراسات التى برهنت على دور قرون الإستشعار كعامل أساسى فى البحث عن العائل. على سبيل المثال، فشلت إناث الطفيل *Cotesia nigriceps* المنزوعة قرون الإستشعار فى الإستجابة للمنبهات الكيميائية أو الوصول للعائل. وعموماً فإن الإناث يمكن أن تضع بيضا فى حالة ملامستها للعائل بواسطة آلة وضع البيض أو الرسغ مما يؤكد وجود مستقبلات كيميائية على كليهما.

من الأمثلة على إستخدام كل من آلة وضع البيض وقرون الإستشعار معاً فى البحث عن العائل ما وجد فى الطفيل *Chelonus texanus* حيث وجد أن المنبهات الكيميائية تستهل البحث بقرون الإستشعار، بينما ملاقاة السطح الخشن لأى مادة substrate تستهل البحث بآلة وضع البيض. تبرهن كل هذه الأمثلة بما لا يدع مجالاً للشك على تواجد مستقبلات كيميائية chemoreceptors على قرون الإستشعار وآلة وضع البيض فى كثير من الطفيليات والمفترسات

الحشرية، إلا أن توضيح علاقتها بالوصول للعائل وقبول العائل ليست واضحة تماماً على الرغم من أهمية تلك المواد الكيميائية فى توجيه آلة وضع البيض وضبط إتجاهاتها مع إتجاه العائل.

لعل من المهم أيضاً أن نذكر أن كلاً من البحث بقرون الإستشعار وآلة وضع البيض يمكن دراستهما معملياً والتأكد من دورهما، أما الإهتزاز فقد يصعب التأكد منه لأن الطفيل قد يستقبل ويستخدم الكيرومونات أثناء الوصول للعائل. على سبيل المثال، يصل الطفيل *Diachasma alloeum* إلى يرقات عائله (ذبابة التفاح) من خلال الإستجابة للإهتزازات حيث ثبت أنه فى حالة اليرقات الحية داخل الثمار كانت معظم طعنات ووخزات آلة وضع البيض للطفيل فى المنطقة المحيطة باليرقات الحية، بينما فى حالة اليرقات الميتة، كانت معظم طعنات آلة وضع البيض موزعة عشوائياً على كل مناطق الثمرة. كذلك فى حالة الطفيل *Biosteres longicaudatus* فإنه يصل لعائله من خلال حركة اليرقات الحية أما اليرقات الميتة فلا يصل إليها. أيضاً وجد أن طفيليات حشرة الدروسوفيلا من جنس *Gnapsis* عند البحث عن عوائلها المتواجدة داخل ثمار الفاكهة المتعفنة فإنها تبقى ساكنة بجوار الثمار لحين الإحساس وإستقبال الإهتزازات الناتجة من يرقات العائل. أيضاً من المهم أن نتذكر أن الطفيليات التى تستخدم هذا النوع من الإستجابة للوصول لعائلها يكون لديها ميزة إضافية وهامة خاصة تحت الكثافات المنخفضة للعائل، أما الطفيليات التى تستخدم البحث بآلة وضع البيض يكون هذا السلوك مفيداً فى حالة العوائل المختبئة concealed hosts أكثر من البحث بقرن الإستشعار الذى يكون مفيداً فى حالة العوائل المعرضة exposed hosts وتحت الكثافات العالية من العائل.

ملاقاة العائل بواسطة المنبهات الكيميائية Host location involving chemical stimuli

غالباً ما تعمل الروائح الصادرة من النبات أو العائل على جذب الطفيل إلى داخل المنطقة التى يتركز فيها العائل. أما كيميائيات الملامسة contact chemicals، فإنها تعمل غالباً عند تركيز عال جداً وتكون قليلة التطاير وبالتالى فإنها تعمل على تركيز الطفيل أو المفترس فى المناطق التى تحتوى غالباً على العائل الجيد potential host. تستخدم الطفيليات فى عملية الوصول للعائل مواد كيميائية ذات مصادرمختلفة، تقسم هذه المواد تبعاً لمسافة إرسالها وإستقبالها إلى:-

١- **الإستقبال الكيمائى طويل المدى Long range chemoreception** : تنقل هذه المواد بواسطة الهواء، ويتم إستقبالها من مسافة بعيدة غالباً بواسطة حاسة الشم olfaction ويكون التأثير هو الإنجذاب attraction. وللتأكد والتحقيق من فاعلية تلك المواد، لابد من إجراء تجارب حقلية بإستخدام الطعوم bait trap، أو معملية بإستخدام جهاز مقياس الشم olfactometer. غالباً ما

تكون المواد المفرزة من العائل النباتي والعائل الحشرى مواد متطايرة تعمل على توجيه الطفيليات من بعد.

هناك العديد من الأمثلة على مثل هذا النوع من المنبهات الكيميائية المساعدة فى عملية الوصول للعائل حيث ذُكر أن مجرد فتح عذراء حشرة الفراشة ذات الذنب البني *Euproctis terminalia* يظهر على الفور سرب من طفيل البمبلا *Pimpla bicolor* منجذباً لرائحة العائل. كذلك تبعث النباتات الواقعة تحت الهجوم الحشري بكميات أكبر من الجاذبات النباتية synomones عنها فى النباتات السليمة. تستقبل مثل هذه المركبات بواسطة الطفيليات والمفترسات لأن لها مصداقية ودرجة تتبع relaibilty and detectability عالية جداً علاوة على كونها مواد متطايرة تخرج فقط عند وجود العائل الحشرى على العائل النباتي. ومن الأمثلة على ذلك إنجذاب المفترس الأكاروسي *Phytoseiulus persimilis* لنباتات الفاصوليا المصابة بالعنكبوت الأحمر.

قد يكون كل من العائل النباتي والعائل الحشرى (الحيوانى) بمفردهما غير جاذب للطفيل أو المفترس. مثال على ذلك الطفيل الإنسيرتى *Epidincersis lopesi* المتطفل على البق الدقيقى *Phenococcus manihoti* حيث ثبت أن طفيليات غشائية الأجنحة وثنائية الأجنحة تنجذب إلى المواد الناتجة من تفاعل العائل النباتي والحشرى معاً وهو ما يسمى توليفة النبات -العائل الحشرى host-plant complex، كذلك تفرز بعض الكائنات المصاحبة مثل الفطريات والبكتريا وعيش الغراب مركبات تعمل كمنبهات وإشارات للطفيليات والمفترسات لكى تقودها إلى عوائلها من بعد. على سبيل المثال، ينتج الفطر المرتبط بيرقات ذبابة الفاكهة أسيتالهيد يجذب الطفيل *Diachasimimorpha longicaudatus*، كذلك يستجيب الطفيل *Ibalia leucospoides* للمنبهات والروائح المنبعثة من الفطر المحلل للخشب *Amylosfereum* spp. والذى يعيش فى معاشرة مع ناخر الخشب *Sirex noctilio*. يوضح جدول (٢:٥) أمثلة لبعض الطفيليات التى تستخدم المنبهات الكيميائية طويلة المدى.

جدول (٢:٥) أمثلة لبعض الطفيليات التى تستخدم الاستقبال الكيميائى طويل المدى

الطفيل	العائله	العائل
Pimpla bicolor	Ichneumonidae	*A.nagasta kuehniella*
Nasonia vitripennis	Pteromalidae	pupae of flies
Ventura canscens	Ichneumonidae	*A.nagasta kuehniella*
Aphytis melinus	Aphelinidae	*Aonidiella aurantii*
Trichopoda pennipes	Tachinidae	*Nezara viridula*

هناك العديد من الظروف التى قد تؤثر بدرجة كبيرة على إستجابة الطفيليات والمفترسات لروائح عوائلها. على سبيل المثال، يلعب العائل البديل الذي يستخدم فى التربية المعملية دوراً هاماً فى تحديد درجة إستجابة الطفيل لرائحة عائله، فقد وجد أن تربية الطفيل *Microbracon gelechiae* لسبعة أجيال متتالية على العائل المعملى فراشة الأرز *Corcyra cephalonica* أثر معنوياً على درجة إستجابة الطفيل لروائح العائل الطبيعى وهو فراشة درنات البطاطس.

يمكن أن تستغل الأعداء الطبيعية فيرومونات التجمع والفيرومونات الجنسية للوصول إلى عوائلها/ضحاياها. على سبيل المثال، يستجيب الطفيل *Trichogramma pretiosum* للفيرومون الجنسى للعائل *Heliothis zea* فى جهاز مقياس الشم. كذلك فإن هناك طفيليات كثيرة من جنس *Aphytis* جمعت من مصائد مطعومة بالفيرومون الجنسى للحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii* فى مزارع الموالح. وقد تأكد ذلك من خلال التجارب المعملية فى جهاز مقياس الشم. فى حالة المفترسات الحشرية من عائلة Cleridae فإنها تنجذب إلى فيرومونات التجمع الخاصة بخنافس القلف من عائلة Scolytidae، وكذلك طفيليات Tachinidae لفيرومونات تجمع البقة الخضراء *Nezara viridula*، كذلك طفيليات البيضة من عائلة Scelionidae لفيرومونات التجمع للبقة المفترسة *Podisus maculiventris*، إذ يصل طفيل البقة الخضراء إلى ذكر البقة الخضراء عن طريق فيرومون التجمع وعندئذ ينتقل إلى أنثاه راكباً إياها للوصول في النهاية إلى مواقع وضع البيض للتطفل عليه. وكذلك فإن الطفيل *Leptopilina heterotoma* الذي يهاجم يرقات الدروسوفلا في الفاكهة المتعفنة وفي المشروم ينجذب من بعد إلى أماكن تواجد هذا العائل عن طريق فيرومونات تجمع الحشرات الكاملة للعائل. وكذا فإن طفيل البيض *Trissolcus basalis* ينجذب من بعد إلى كوامل عائله البقة الخضراء *Nezara viridula* من خلال مركباته الدفاعية defense compounds. تستغل ظاهرة المعاشرة للإنتقال phoresy بواسطة نوع من طفيليات البيض من جنس *Telenomus* كوسيلة للوصول إلى موضع بيض عائله، إذ تتواجد الحشرات الكاملة للطفيل في الشعيرات المتواجدة حول الفتحة الشرجية لفراشة عائله من عائله Lymantridae.

٢ - الإستقبال الكيميائى قصير المدى Close or short range chemoreception

وجد أن معظم الأعداء الطبيعية تستخدم الروائح قصيرة المدى فى ملاقاة العائل بصورة واضحة مقارنة بالروائح طويلة المدى. أيضاً أظهرت النتائج أن معظم الطفيليات تظهر إستجابات سلوكية إيجابية positive behavioral responses عند ملامستها لمواد كيميائية معينة مستخلصة بواسطة المذيبات المختلفة من عوائلها، وتكون هذه التغيرات السلوكية ثابتة ومحددة بل ومميزة لكل نوع من الطفيليات وكذلك لكل مادة من تلك الروائح.

وهنا سنلقى الضوء على بعض المصادر التى تستخدم كمنبهات قصيرة المدى وهى كما يلى:

أ- **آثار العائل بجوار بيضه Host traces near eggs:** تعتبر المواد الكيميائية التى تتركها إناث الحشرات بعد وضعها للبيض داخل أو على عوائلها النباتية أو فى وسط الإنتشار من الركائز الأساسية فى عملية ملاقاة العائل بواسطة إناث الطفيليات، خاصة طفيليات البيض أو طفيليات البيضة-يرقة. وجد أن الطفيل *Ibalia* sp. يحاول الوخز بآلة وضع البيض فى حفر فى الخشب ويرجع ذلك لوجود مواد كيميائية تكونت نتيجة حقن حشرات *Sirex* spp. لفطر متعايش فى الخشب أدى إلى تحلله وتكوين تلك المواد التى تستخدم بواسطة الطفيل لملاقاة العائل. أيضاً ذكر أن عمليتي التحسس وفحص العائل بواسطة الطفيل *Chelonus texanus* ترجع أساساً لوجود مواد قابلة للذوبان فى الماء وثابتة حرارياً تتركها أنثى دودة الدخان *Heliothis virescens* أثناء وضع البيض.

هناك الكثير من الدراسات على الطفيل *Trichogramma* والتى تؤكد إستخدامه للحراشيف التى تتركها إناث فراشات عوائله بجوار بيضها كمصدر للكيرومونات التى تعمل فى مدى قصير وهى مواد قابلة للذوبان فى الدهون. أوضحت التجارب المعملية أن المكون الكيميائي الرئيسي في مستخلص حراشيف دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* هو مادة 13,17 dimethylnonatriacontane التي تسبب دورانات موجهة وهادفة لطفيلها *Trichogramma nubilale* على الأسطح المعاملة.

ب- **براز العائل Host frass (feces)** : يحتوي براز الحشرة على مكونات تؤثر في السلوك البحثي لعديد من أنواع الطفيليات والمفترسات، إما بمفردها أو بالإشتراك مع مواد أخرى من العائل أو كيميائيات تنتج من النبات. يستجيب الأكاروس المفترس *Amblyseius fallacis* لملامسة براز الأكاروس الأحمر *Tetranychus urticae* وغيره من أنواع الفرائس الأخرى فتظهر أكثر نشاطاً وأكثر تركيزاً في البحث. كذلك تُنبه القدرة البحثية للطفيل *Cotesia flavipes* بواسطة المستخلص المائي لبراز عائله *Diatraea saccharalis*. أما بالنسبة للطفيل *Ventura canescens* الذي يتطفل على دودة جريش الذرة *Plodia interpunctella* فقد أمكن تعريف المركبين 2- palmitoyl، 2- stearoylcyclohexane- 1,3 dione كمكونات للكيرومون الذي يساعد الطفيل في ملاقاة عائله. تُخلق المواد الكيميائية في براز الحشرات التي تعمل ككيرومونات بواسطة العوائل مباشرة أو أن تكون مكونات نباتية عزلت بواسطة العوائل

وأخرجت مع البراز كما هي أو بعد بعض التحولات. في الحالات التي يكون فيها النبات هو مصدر تلك الكيميائيات (أو البادئ لها) التي تعمل ككيرومونات، فإن نوع النبات التي تتغذى عليه الحشرة يمكن أن يحدد فيما بعد لو أن براز العائل يكون جاذباً للطفيل أم لا.

ج- **آثار الطفيليات Parasitoid traces**: تهاجم الطفيليات المفرطة السارقة cleptoparasitoids عوائل سبق التطفل عليها بواسطة أنواع أخرى من الطفيليات. يتم إهلاك الطفيل الأصلي بواسطة الأطوار غير الكاملة للطفيل المفرط السارق التي تلتهم بعدئذ العائل الأصلي الذي تم شله بواسطة الطفيل الأول. يستجيب الطفيل المفرط السارق إلى مواد كيميائية تترك بواسطة الطفيل الأصلي في مجال العائل والتي تقودها إلى ملاقاة عوائلها المتطفل عليها.

د- **إفرازات الغدد الفكية للعائل Host mandibular gland secretions**: هناك عدة دراسات أثبتت الدور الذى تلعبه إفرازات الغدد الفكية للعائل ودورها كمصدر للمنبهات الكيميائية والتى تقود الطفيل لعائله. تركزت معظم هذه الدراسات على طفيليات حرشفية الأجنحة التى تترك يرقاتها إفرازاتها على العوائل النباتية أثناء المضغ والتغذية.

هـ - **الندوة العسلية Honeydew**: الندوة العسلية هي مادة يفرزها العائل، عادة ما ترتبط بحشرات رتبة متشابهة الأجنحة كالمن والذباب الأبيض والحشرات القشرية. وجد أن النباتات الخالية من وجود العائل لكنها ملوثة بندوة عسلية تدفع بعدد كبير من طفيل المن *Ephedrus cerasicola* إلى التوقف على هذه الأسطح أكثر من النباتات النظيفة، ولذلك فإن الندوة العسلية يمكن أن تعمل ككيرومون لهذا النوع من الطفيليات.

و - **المواد المفرزة من النباتات المهاجمة**: قد تفرز النباتات المهاجمة بواسطة العوائل، أو المساحات المصابة بها مركبات غير متطايرة تستغل بواسطة الأعداء الطبيعية لتحديد موقع العائل. قد تنشأ هذه المواد من النباتات نفسها كرد فعل لتغذية العوائل أو تأتي مباشرة من العوائل الحشرية في صورة إفرازات مختلفة، فقد ثبت أن التلامس مع الأوراق المصابة من نباتات الذرة المتغذي عليها بواسطة يرقات حشرة *Spodoptera frugiperda* يغير من السلوك البحثي لطفيل *Cotesia marginiventris*. كذلك ينجذب ويستقر الطفيل *Cotesia rubecula* إلى المساحات التالفة من نبات الكرنب نتيجة تغذية يرقات أبي دقيق الكرنب عليها. يوضح جدول (٣:٥) ملاقاة مجموعة من الطفيليات لعوائلها بإستخدام المنبهات قصيرة المدى.

جدول (٣:٥) يبين سلاقة مجموعة من الطفيليات لعوائلها بإستخدام الإستقبال الكيميائى قصير المدى

Parasitoid الطفيل	Family العائله	Host العائل
Host traces near eggs أثار العائل بالقرب من بيضه		
Chelonus texanus	Braconidae	*Anagasta kuehniella*
Telenomus choropus	Scelionidae	*Eurygaster integriceps*
Trichogramma evanscens	Trichogrammatidae	*Sitotroga cerelella, H. zea & Trichoplusia ni*
Chelonus sp.	Braconidae	Lepidoptera
Host faces براز العائل		
Bracon mellitor	Braconidae	*Anthonomus grandis*
Orgilus lepidus	Braconidae	*Phthorimaea operculella*
Apanteles sesamilae	Braconidae	*Busseola fusca*
Micropletis crocepis	Braconidae	*Heliothis* spp.
Micropletis croceipis	Braconidae	*H. zea*
Accessory glands secretion إفرازات الغدد الإضافية		
Ventura canscens	Iehncumonidae	*Anagasta kuehniella*
Apanteles melanosceles	Braconidae	*Lymantria dispar*
Cardiochiles nigriceps	Braconidae	*Heliothis spp*
Host marking pheromone فيرمونات تعليم العائل		
Opius lectus	Braconidae	*Rhagoletis pomonella*
Trichogramma pretiosum *Telenomus reminus*	Trichogrammatidae Scelionidae	*Spodoptera* & *H. zea* *frugiperda*
Opius sp.	Braconidae	Fruit flies ذباب الفاكهة

سلوك الطفيليات عند ملامستها للمواد الكيرومونية وروائح عوائلها

Behavior of parasitoids when contacted with host odors

عند ملامسة الطفيليات الحشرية للمصادر المختلفة من الكيرومونات أو تلك الداعية للإستبقاء kairomones or arrestants، والتى تعمل فى نطاق أو مدى قصير، فإنه غالباً ما يظهر تغيرات سلوكية على الطفيل تتمثل فى:

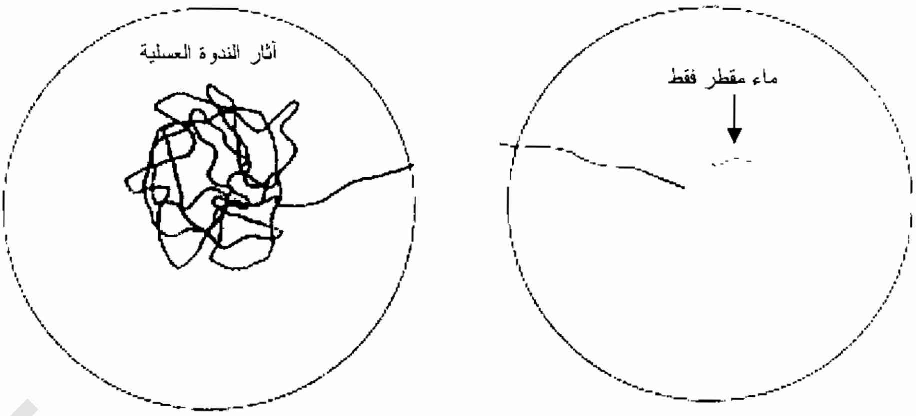
١- بطء حركة الطفيل وزيادة معدل الوقوف فيما يعرف بـ Orthokinetic response

٢- يقوم الطفيل بزيادة معدل الدوران حول نفسه مع بطء الحركة وقد يكون ذلك بطريقة عشوائية ويسمى klinokinesis، أو قد يكون ذلك موجهاً ومعتمداً على المسار الذى توجه فيه تلك المواد الكيميائية وهذا ما يعرف بـ kilinotaxis.

٣- غالباً ما تركز الطفيليات الحشرية عملية البحث عن العوائل على أطراف المناطق المعاملة بالمواد الكيرومونية وعند فقدان الطفيل للملامسة مع تلك المواد بواسطة قرن الإستشعار أو الشعيرات الحسية المتواجدة فى الرسغ، فإنه غالباً ما يعود مسرعاً مرة أخرى داخل المناطق المعاملة بالكيرومون ويسمى ذلك بعدد مرات العودة number of return وهى عملية مهمة ودالة على قوة إمساك arressment response تلك المواد للطفيل فى المنطقه المعاملة، وكذلك قابلية الطفيل للتركيز والتعلم learning.

٤- أظهرت بعض الطفيليات مثل طفيل *Trichograma* sp.، وطفيل *Encarsia bimaculata*، وطفيل *Eretomecrus* sp. الرغبة فى البحث عن العوائل فى المناطق المجاورة للمناطق المعاملة بالكيرومونات كوسيلة لملاقاة العائل. أيضاً فقد ذكر أن اليرقات التى تم وضعها بجانب المناطق المعاملة بالكيرومونات تم التطفل عليها بنفس النسبة والكفاءة بواسطة الطفيل *Apanteles melanoscelus* مثلها مثل اليرقات الموضوعة فى المناطق المعاملة.

٥- على ذلك فإن بطء الحركة وكذلك زيادة معدل التوقف والدوران في مسافة صغيرة نتيجة لملامسة الطفيل أو المفترس لإشارة كيميائية معينة يؤدي الي السير في إتجاهات دائرية وليست مستقيمة سريعة وبالتالي يزيد من متوسط الوقت الذي يقضيه الطفيل أو المفترس في بؤرة محددة local patch، وبالتالي قد تزيد من فرص ملاقاة العائل وزيادة نسبة التطفل أو الإفتراس. يوضح شكل (٥:٤) إستجابة طفيل *Encarsia* bimaculata للندوة العسلية فى تجارب أطباق بترى.



شكل (٥: ٤) إستجابة طفيل *Encarsia* bimaculata للندوة العسلية فى تجارب أطباق بترى (مندور، ٢٠٠٤).

ثالثاً: قبول العائل Host Acceptance by Parasitoids

عقب وصول أنثى الطفيل وملاقاتها للعائل، عليها أن تقوم مباشرة بفحص العائل وذلك إذا كانت ستقوم بوضع البيض عليه أو فيه أو بالقرب منه، وبالتالى يتم تقييم العائل بواسطة أنثى الطفيل لتحديد عدد البيض الذى يجب وضعه داخل أو على العائل، وكذلك جنس النسل. من المهم هنا أن نذكر أن تقدم العلوم بصفة عامة وبخاصة تكنيكات وأجهزة التحاليل الكيميائية الدقيقة مثل أجهزة التحليل الكروماتوجرافى HPLC, GC-MS وكذلك جهاز electroantennogram (EAG)، وأجهزة قياس الشم olfactometer قد ساعدت بشكل كبير وحاسم فى تفهمنا الدقيق لعملية البحث عن أو قبول العائل.

تلعب المنبهات والمشعرات المختلفة وخاصة الكيميائية منها دوراً هاماً، ليس فقط فى عملية ملاقاة العائل فى وسط الإنتشار، بل أيضاً فى عملية التأكيد على قبول العائل حيث مع الوصول الى عائل مناسب، لابد لأنثى الطفيل من التأكد من صلاحية العائل لنمو الذرية بعد ذلك تقوم بوضع البيض. قد يكون بعض تلك العوائل غير صالح ومناسب لعدة أسباب منها ما هو متعلق بالصحة العامة للعائل أو بسبب مرضه disease، أو طور نموه أو موته أو سبق التطفل عليه بواسطة طفيل آخر من نفس نوعه أو من نوع آخر.

تم تعريف **عملية قبول العائل host acceptance** على أنها مجمل العملية الخاصة بتقييم قبول العائل من خلال المنبهات اللمسية tactile stimuli والمنبهات الكيميائية chemical stimuli. وأعتبر أن وضع البيض هو القبول الفعلي لبيضة أو يرقة أو عذراء أو الحشرة الكاملة كعائل بواسطة أنثى الطفيل حسب تخصصها.

أما العالم شميت Schmidt عام ١٩٧٤ فقد قسم عملية قبول العائل نفسها الى أربعة خطوات هى:-

١- ملاقاة العائل وفحصه Host location and examination
٢- طعن العائل بآلة وضع البيض Thrusting with ovipositor
٣- غرز آلة وضع البيض Inserting the ovipositor
٤- وضع البيض Egg deposition (Oviposition)

أما العالمان ستراند وفينسون **Strand and Vinson** فقد قسما تلك العملية إلى سبع خطوات هى:-

١- ملاقاة العائل	Host encounter
٢- التطبيل على العائل	Host drumming
٣- ضبط وضع جسم الأنثى	Adaption of female posture
٤- تحسس العائل	Probing
٥- وخز العائل	Drilling with ovipositor
٦- وضع البيض	Oviposition
٧- تعليم العائل	Host marking

أما العالم Weseloh، ١٩٨١ فقد عرف عملية قبول العائل **host recognition = host acceptance على أنها العملية التى يحدث فيها قبول العائل أو رفضه لعملية وضع البيض وذلك بعد الملامسة الفعلية للعائل.**

من المهم هنا أيضاً أن نذكر أن تلك العملية إذا تخللها أي تشويش أو إعاقة للطفيل فى الخطوة الثانية أو الثالثة مثلاً، فعلى أنثى الطفيل أن تبدأ من الأول مرة أخرى قبل وضع البيض. وقد يكون ذلك التشويش أو الإعاقة راجعاً الى العائل نفسه مثل سلوكه العدوانى aggressive behavior، أو قد يرجع إلى أن العائل سبق التطفل عليه بواسطة طفيل آخر.

تقسم عملية قبول العائل إلى مرحلتين أساسيتين وهما:-

أ- **التعرف على العائل Host identification**

لا يمكن فصل العوامل المرتبطة بالتعرف على العائل ووضع البيض عن تلك الخاصة بملاقاة العائل، وهذه العوامل هى الروائح odors، والحركة، والشكل، والحجم، وكذلك الإشعاع الكهرومغناطيسى electromagnetic radition.

لم تكن الحركة والشكل والحجم ذات أهمية، بصفة عامة، في قبول الطفيل *Cotesia nigriceps* للعائل. عند إستخلاص وغسل يرقات العائل بواسطة مخلوط الكلوروفورم والميثان فإن يرقات العائل لم تكن مقبولة للطفيل ولكن عند معاملة جلد اليرقة بالعامل المحفز للبحث host finding stimulant تم وخز اليرقات بآلة وضع البيض ولكن لم يتم وضع البيض مما يوضح وجود عوامل أخرى متحكمة في مرور البيض.

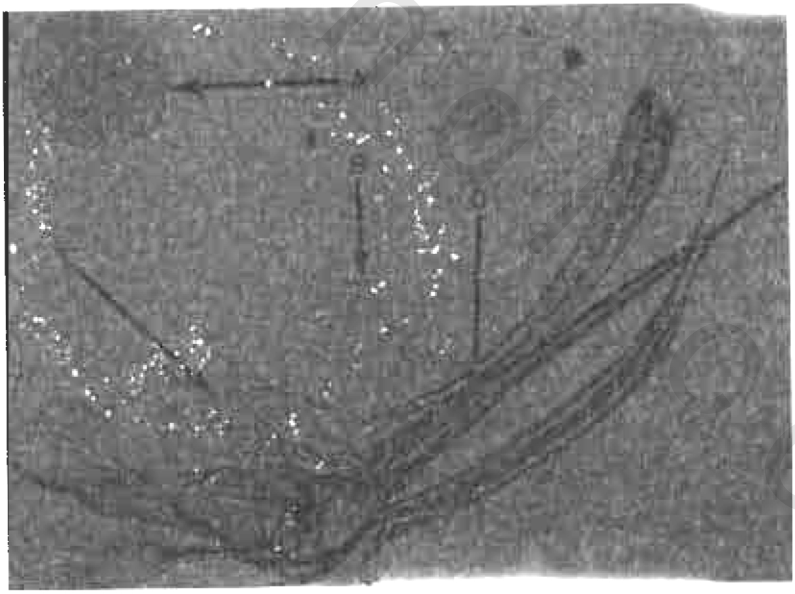
ب- تمييز العائل Host discrimination

بمجرد ملاقاة العائل، تستطيع كثير من إناث الطفيليات تمييز ما إذا كان العائل متطفل عليه أم لا، إذ تترك كثير من الطفيليات روائح معينة بعد وضع البيض لتعليم العائل marking تزول بالغسيل. تم تسمية هذه الروائح بواسطة العالم فلاندرز Flanders عام ١٩٥١م على أنها عوامل إقتفاء الأثر spoor factors، ثم تم تسميتها بعد ذلك بفيرومون التعليم marking phermone بناء على تخصصها والنوع المستقبل لهذه الروائح. شوهد كثير من الطفيليات الحشرية تقوم بسلوك محدد وهو المشى فوق العائل المتطفل عليه عقب وضع البيض مباشرة لمدة دقيقة أو أكثر قليلاً وهو ما له دور هام فى تمييز وتعليم العائل. شوهد ذلك السلوك فى طفيل *Copidosoma desentesi* بعد التطفل على بيض فراشة درنات البطاطس. فى حالة طفيل *Trichogramma evanescens*، وجد أن إناث الطفيل تترك فيروموناً pheromone لتعليم البيض المتطفل عليه وبالتالي تستطيع الإناث التالية التمييز بين العائل السليم من المتطفل عليه وتجنب الدخول فى المنافسة المباشرة. ناقش العالم سولت Salt عام ١٩٣٥ ذلك وذكر أن ذلك الطفيل يستطيع التمييز بين العوائل التى مشى فوقها إناث الطفيل عن تلك التى لم تُلمس من قبل. ولكن عند غسل البيض المتطفل عليه، فإن الطفيل يفقد تلك الخاصية وسرعان ما يدفع بآلة وضع البيض داخل تلك العوائل المغسولة لكن سرعان ما تتعرف الإناث عن طريق الإختبار الداخلى بواسطة آلة وضع البيض على أن تلك العوائل سبق التطفل عليها فتسحب آلة وضع البيض بسرعة دون وضع بيض فيها.

وعلى الرغم من قدرة كثير من الطفيليات على الإستقبال والتعرف على فيرومونات التعليم، إلا أن هذا لا يمنع حدوث التطفل المتزايد superparasitoidism وذلك لعدم قدرة بعض الطفيليات على هذا التمييز. على أية حال، فى حالة العوائل العصبية وسريعة الحركة فإن محاولات التطفل الفاشلة قد ينتج عنها أيضا تعليم العائل على الرغم من عدم التطفل عليها ولكن فى معظم الحالات لا يتم إكتمال عملية التعليم خاصة المشى فوق العائل. تم دراسة مصدر فيرومون التعليم أو التمييز فى كثير من الطفيليات بالتفصيل. حيث ذكر العالم سيموند Simonds عام ١٩٥٤ المصادر الآتية:

١- يمكن أن يكون مصدر هذا الفيرومون من دم العائل الذى خرج أثناء دفع آلة وضع البيض فى العائل أو يكون بقايا السائل المتروك من آلة وضع البيض عند غرسها بالعائل.

٢- يمكن أن يكون مصدر هذا الفيرومون هو غدة ديفور Dufour's gland (الغدة القلوية alkaline gland، شكل ١:٣) كما ثبت مؤخراً فى الطفيل *Cotesia nigriceps* وكذلك الطفيل *Campoletis sonorensis* أو يكون مصدره غدة السم (venom gland) كما فى حالة الطفيل *Phanerotoma ocularis* (شكل ٥:٥). فى حالة الطفيل *C. sonorensis* ، فإن فيرومون التعليم الخارجى يفقد مفعوله بعد ٦ ساعات من وضعه على العائل وبذا تكون مثل هذه العوائل معرضة للوخز مرة أخرى بواسطة الطفيل ولكن دون وضع بيض نتيجة للرفض الداخلى internal rejection مما يدلل على دور آلة وضع البيض فى عملية قبول العائل. أيضاً فقد ثبت علمياً أن هناك تغيرات فى دم العائل بعد عملية التطفل وأن هذا التغير تستطيع أنثى الطفيل أن تميزه أو تحدده بواسطة آلة وضع البيض. ذكر العالمان جيلوت و فينسون Guillot & Vinson عام ١٩٧٢ أن أنثى هذا الطفيل تطلق مادة فى دم العائل تكون مسئولة عن عملية التمييز الداخلى ولكن ما ليس معروفاً بدقة هو هل لهذه المواد دور فى تغير دم العائل فسيولوجياً أم لا؟.



شكل (٥:٥) يوضح تركيب الجهاز التناسلى فى أنثى الطفيل *Phanerotoma ocularis* وكذلك غدة السم المسئولة عن إفراز فيرومون التمييز. A (المخزن) ، B (غدة السم) ، C (قناة غدة السم) ، D (نقطة فتحة قناة غدة السم) (سرحان وآخرون ، ١٩٩٧).

تأثير المنبهات الطبيعية والكيميائية على قبول الطفيليات لعوائلها
Effects of physical & chemical stimuli on parasitoid host acceptance

أ- المنبهات الطبيعية Physical stimuli

١ - الحجم والشكل والقوام Shape, Size & Texture

هناك الكثير من الدراسات عن تأثير المنبهات أو المحفزات الطبيعية على قبول الطفيليات لعوائلها، يرتبط معظمها بعاملى الحجم والشكل خاصة مع الطفيل *Trichogramma*. على سبيل المثال، ذكر أن أنثى طفيل الترايكوجراما تفحص العائل بواسطة قرون الإستشعار لتحديد الحجم وبناء على ذلك تحدد عدد الأفراد التى تضعها داخل العائل الواحد. وجد أيضاً أن أنثى الطفيل *Trichogramma* قامت بفحص دقيق لقطرة زئبق عندما كانت في حجم بيضة العائل محاولة ثقبها بواسطة آلة وضع البيض، أما القطرات الأصغر أو الأكبر حجماً فتجاهلتها تماماً. كذلك وجد أن الطفيل *Telenomus heliothidis* (Scelionidae) المتطفل على بيض العائل *Helicoverpa virescens* لا يقبل إلا بيضاً يتراوح قطره بين ٠,٥٠ - ٠,٦٣ملم، كما أن العوائل الكروية spherical تفضل على العوائل شبه الكروية spheroidal، أما اللون فليس ذي أهمية. وجد أيضاً أن حدود حجم العوائل التي تهاجم تختلف بإختلاف حجم إناث الطفيل، فالإناث الأصغر حجماً تقبل عوائل صغيرة في قطرها تُرفض بواسطة الإناث الأكبر حجماً بالرغم من كونها عوائل مناسبة لنمو ذريتها. كذلك وجد أن إستدارة شرانق الأنواع المختلفة من الدبابير المنشارية sawflies التي يتطفل عليها بالطفيل *Pleolophus indistinctus* (Ichneumonidae) من الصفات الهامة جداً، حيث تستطيع أنثى الطفيل من الوقوف بأرجلها الست على الشرنقة، ثانية قرون إستشعارها لتنقر tap على نهاية الشرنقة فترة من الوقت قبل قبولها للتطفل.

ذكر أيضاً أن الطفيل *Campoletis sonorensis* يضع البيض داخل تجويف جسم العائل *Heliothis zea* وبناء على ذلك فإن جدار الجسم المتصلب وكذلك سمك طبقة تحت الجليد sub-cuticular layer من الدهون ليرقات العائل الكبيرة هى من أهم العوامل التى لا تشجع الطفيل على غرس آلة وضع البيض داخل العائل، ولذلك فإن الحجم الكبير ليرقة العائل يكون محدداً limiting factor لقبوله أكثر من المنبه المنطلق. فى دراسة أخرى، وجد أن شكل العائل كان مهماً وأن الطفيل يفضل العائل الأسطوانى عن الدائرى أو المفلطح، وأن الحجم كان قليل الأهمية مقارنة بالشكل. أيضاً قام العالم ويسلو Weseloh عام ١٩٧١ بدراسة أهمية الشكل واللون والمحتوى المائى والشكل الداخلى والقوام وحجم الطفيل الأولي للحشرة البنية الرخوة *Coccus* *hesperidium* والذي يهاجم بالطفيل الثانوى *Cheilonerus noxius*. عندما وضع الباحث نماذج صناعية داخل العائل كبديل للطفيل الأولى، وجد أن الطفيل الثانوى يفضل الشكل الدائرى أو المقعر عن الشكل المفلطح أو المحدب، أما باقى العوامل فكانت لها تأثير أقل على تمييز العائل بواسطة الطفيل الثانوي. قد تكون المواد اللاصقة glue التي تستخدمها أنثى الطفيل في لصق محافظ البيض oothecae على الأسطح من منبهات التعرف على العائل، كما في طفيل البيض *Comperia merceti* الخاص بالصرصور *Supella longipalpa*.

وجد أيضاً أن الشكل البيضاوي لعذارى الذباب المنزلي هام جداً لقبول التطفل عليها بالطفيل *Nasonia vitripennis*. وجد أيضاً أهمية تواجد فراغ بين جسم عذراء الذبابة ومحفظة العذراء puparium ربما لعلاقته بإمكانية تكون أنبوبة التغذية، ولذا فإن العذارى الحديثة التكوين لا تكون مفضلة بالنسبة للطفيل (عوض الله، ١٩٦٤). إتضح أهمية ذلك الفراغ أيضاً في الطفيل *Spalangia drosophilae* الذي يتطفل على عذارى ذبابة الدروسوفيلا، وكذا بالنسبة للطفيلين *Spalangia gemina* ، *Pachycrepoides vendemmia* المتطفلان على عذارى ذباب الفاكهة والدروسوفيلا (سرحان، ١٩٨١). تستخدم بعض الطفيليات الداخلية التراكيب الموجودة على آلة وضع البيض فى إكتشاف المنبهات الكيميائية داخل العائل (مثل سكر التريهالوز والأحماض الأمينية والأملاح) وذلك بمجرد غرس آلة وضع البيض داخل العائل وهو ما يعرف بالإختبار الداخلى للعائل internal host inspection. وعلى الرغم من ذلك فهناك بعض الآراء التى تقول أن تلك المنبهات الداخلية بالعائل هى أقل تخصصاً من المنبهات الخارجية وقد تتشابه فى الحشرات العائلة أو غير العائلة لطفيل ما.

قد يكون لوجود بعض الشعيرات أو الأشواك على العائل أهمية كبرى فى عملية قبول العائل بواسطة الطفيل. وجد أن الطفيل *Apanteles melanoscelus* يفضل العائل (يرقات فراشة الغجر الصغيرة) ذات الشعر والتى عند ملامسته لها تحفزه على إستخدام آلة وضع البيض ودفعها داخل العائل. أيضاً فإن طفيليات عائلة Aphelinidae المتطفلة على الحشرات القشرية من عائلة Diaspididae تستخدم الشموع الموجودة فى جدار الجسم أو فى الأغطية covers للتعرف على العائل.

٢- الحركة Movement

قد تلعب حركة العائل دوراً هاماً فى قبول العائل أو رفضه. ففى حالة الطفيل *Caraphractus cinctus* (Mymaridae). المتطفل على بيض عائلة Dytiscidae وجد أنه لا يفضل أبداً أي بيض

على وشك الفقس ولو أنه قد يدفع آلة وضع البيض محدثاً ثقبا فيها ولكنه لا يتقبلها لوضع البيض. أيضاً فإن إناث طفيل الترايكوجراما لا تتقبل البيض المحتوى على أجنة متحركة على درجة متقدمة من النمو لأن ذلك قد يؤدى إلى ضياع أو فقد كبير فى نسل الطفيل لإحتواء العائل على كمية قليلة من الغذاء. على ذلك فإن الطفيل قد يستخدم حركة الجنين كدليل على درجة نمو العائل داخل البيض وهى ميزة يمتلكها معظم طفيليات البيض. كذلك وجد أن الطفيل *Encarsia formosa* يتجنب وضع البيض فى ٥٠% من حوريات الذباب الأبيض الصالحة للتطفل بسبب حركة الحوريات كميكانيكية دفاع عن العائل.

٣- الإهتزاز Vibration

قد يكون الإهتزاز عاملاً هاماً فى قبول العائل بواسطة الطفيل، فقد ذكر أن الطفيل *Dendroctonus pseudostugae* يستخدم الإهتزازات الحادثة نتيجة تغذية يرقات العائل للوصول إليه ولا يستخدم منبهات كيميائية. أيضاً ذكر أن الطفيل *Aphaereta pallipes* المتطفل على ذبابة البصل *Hylemia antiqua* ينجذب للعائل بواسطة رائحة البصل ولكن الطفيل يجد عائله من خلال ملامسة العائل وأن الطفيل يتجنب اليرقات غير المتحركة ويفضل عليها اليرقات المتحركة والتى يدفع فيها آلة وضع البيض مخترقاً أنسجة أوراق البصل.

ب- المنبهات الكيميائية Chemical stimuli

إن إستقبال وتمييز الروائح المختلفة من مسافة بعيدة بواسطة المستقبلات الكيميائية chemoreceptors الموجودة على قرون الإستشعار لكثير من الطفيليات الحشرية لها دور هام وبارز فى عملية ملاقاة العائل وقبوله. على سبيل المثال، ذُكر فى كثير من الدراسات أن طفيليات رتبة ثنائية الأجنحة التابعه لعائلة Tachinidae تنجذب لروائح العائل النباتى المصاب وتضع عليه البيض دون ملاقاة العائل الحشرى الذى يتناوله عند التغذية على ذلك الجزء من النبات، ولا يفقس بيض الطفيل إلا عند وصوله لمعدة العائل. وقد ذُكر نفس الشيء عن إناث الطفيل *Nasonia vitripennis* والطفيل *Alysia manducator*، وهي طفيليات لعديد من عذارى ويرقات الذباب المتغذى على الجيفة، إذ تنجذب أساساً لروائح اللحم المتحللة.

يُنبه كثير من الطفيليات الحشرية في قبول العائل عن طريق المنبهات الكيميائية الحسية chemotactile stimuli المتواجدة على جدار جسم أو في جسم العائل نفسه والتي تستقبل من خلال المستقبلات الموجودة على قرون الإستشعار أو الرسغ أو آلة وضع البيض لتلك الطفيليات.

وقد وجد أن الطفيل *Chelonus texanus* ينجذب للكيرومون الذى يتواجد فى الطبقة الإسمنتية التى تلصق بيض العائل *Heliothis virescens* مع بعضه أو على سطح النبات الموضوعة عليه.

هناك الكثير من الدراسات التى نجحت فى إستخلاص الكيرومون من جسم العائل سواء كان من البيض، أو اليرقة، أو العذراء أو حتى الحشرات الكاملة مثل الحشرات القشرية. على سبيل المثال ذكر أن الطفيليين (Encyrtidae) *Acerophagous coccis & Aenasius vexans* يستخدمان مادة كيرومونية موجودة على سطح العائل *Phenococcus herreni*. أيضاً وجد أن الطفيل *Dahlbominus fuscipennis* المتطفل على حشرة *Gilpinia heocyniae* يستخدم مادة كيرومونية متركزة فى الطبقة السطحية لشرانق العائل. قد يكون ذلك الكيرومون موجود أيضاً فى دم العائل كما فى الطفيل *Micropletis croceipes* المتطفل على *Heliothis zea*. وجد أن كلا الطفيليين *Eretmocerus* sp. و *Encarsia bimaculata* كان إنجذابهما للمستخلصات المائية من حوريات ذبابة القطن البيضاء *Bemisia tabaci* المهروسة أو المطحونة أعلى من تلك المستخلصة من الحشرات الكاملة أو جلود الإنسلاخ وذلك دليلاً على وجود مادة كيرومونية داخل دم العائل يمكن إستخدامها فى قبول العائل من عدمه.

أوضحت كثير من الدراسات أن غسل العائل خارجياً بواسطة الماء أو أحد المذيبات العضوية يزيل المواد الكيرومونية الموجوده على العائل وبالتالى يؤثر فى قبول العائل ولا يتقبلها على الإطلاق عند ملامسته إياها. ولكن عند إطلاقه داخل أطباق بترى موجود بها قطرات جافة من مستخلصات غسيل العائل، فإن الطفيل يحاول مراراً الطعن بآلة وضع البيض فى تلك الأماكن الملوثة بالمستخلصات مما يؤكد إستخدام تلك المواد فى عملية قبول العائل بواسطة الطفيليات. كان الطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيض فراشة درنات البطاطس يحاول مراراً غرس آلة وضع البيض داخل قطع القماش الملوثة ببراز وحراشيف الحشرات الكاملة لفراشة درنات البطاطس وكذلك فى تلك المزال من عليها بيض العائل دليلاً على وجود مواد كيرومونية داخل براز الفراشات أو على سطح بيض العائل (مندور، ١٩٩٧).

على العموم فإن عملية قبول العائل تتأثر بكثير من العوامل نوجز بإختصار بعضاً منها:-

١ – خبرة الطفيل State of experience

من المعروف أن عملية التعلم learning فى الأعداء الحيوية تحدث تغيرات جوهرية فى سلوك الأفراد نتيجة لزيادة خبرتها علماً بأن هذه الصفة لا تورث من جيل لآخر. أكدت الدراسات

oberkanoon.com

أن وقت البحث يكون أكبر بالنسبة لإناث الطفيل ذات الخبرة (المدربة) عن تلك الساذجة عديمة الخبرة. وجد أيضاً أن الطيران عبر الريح يكون أعلى مع الإناث المدربة عن تلك الساذجة. أوضحت التجارب أيضاً أن الإناث عديمة الخبرة من الطفيل *Aphidius rosae* تقبل عديد من أنواع المن غير المستهدفة في تجارب الإختبار الأوحد no-choice، بينما الإناث التي سبق لها خبرة وضع البيض في الأنواع المستهدفة لم تفعل ذلك. وجد أيضاً أن الإناث المدربة تكون أكثر تحيزاً biased تجاه عوائلها المألوفة أكثر من الإناث غير المدربة. فعلى سبيل المثال تفضل وبشدة الإناث غير المدربة من الطفيل *Cotesia kariyai* الرائحة المنبعثة من نباتات ذرة مصابة أكثر من الرائحة المنبعثة من نباتات الفاصوليا المصابة (حوالي ٨٠% طيران تجاة الذرة المصابة)، وعلى العكس فإن الإناث التي سبق لها أن وضعت بيضاً على عوائل تصيب نباتات الفاصوليا أظهرت أفضلية للرائحة المنبعثة من نباتات الفاصوليا المصابة (أقل من ٤٠% طيران تجاة الذرة المصابة). سُجل نفس الشئ أيضاً بالنسبة للطفيل *Opius dissitus*، والطفيل *Aphytis melinus*. كذلك وجد أن إناث الطفيل *Aphidius ervi* التي وضعت بيضاً في نوع المن *Acyrthosiphon pisum* على نباتات البرسيم تختار الرائحة لهذا العائل المألوف لها أكثر من الرائحة المنبعثة من المن *Sitobion avenae* على القمح، والإناث التي لها الخبرة مع رائحة المن *S. avenae* على القمح تنجذب إلى رائحته أكثر من رائحة *A. pisum* على البرسيم.

هناك عدة عوامل يمكن أن تؤثر على درجة الخبرة فى الطفيليات وبالتالى تقبلها لعوائلها منها:-

أ- **التاريخ الغذائي Nutrinonal history**: يمكن أن يؤثر وينبه التاريخ الغذائي لأنثى الطفيل في إستجابة وضع البيض. يطلق على هذا التأثير "التكيف قبل البلوغ preimaginal conditioning". أختبر هذا التأثير بإستخدام يرقات عائلين من عوائل الطفيل *Ventura canescens* وهما يرقات فراشة الدقيق *Anagasta kuehniella* والفراشة *Meliophora gisella*. أظهرت النتائج أن إناث الطفيل التي ربيت على العائل المفضل *A. kuehniella* لم تظهر أي إستجابة لرائحة يرقات العائل الثاني، لكن تلك التي ربيت على العائل الثاني قد كُيفت بأن إكتسبت إستجابة إضافية لرائحة يرقاته عند وضع البيض. يمكن أن يحدث هذا التكيف في المرحلة قبل البلوغ أثناء تغذية اليرقة داخل العائل أو في مرحلة البلوغ بعد الخروج من العائل مباشرة.

ب- **طول فترة التعريض Length of exposure period:** أكدت الكثير من الدراسات أن هناك علاقة طردية بين إستجابة الطفيليات لروائح معينة وطول فترة التعريض لتلك المواد الكيرومونية فى بيئه معينة، وأن تلك الخبرة والتعلم تفقد بعد عدة أيام من إكتسابها ولا تورث للأجيال التالية. عى سبيل المثال، وجد أن إناث الطفيل *Cotesia kariyai* المدربة تحتفظ بخبرتها لمدة لا تزيد عن ثلاثة أيام من بداية إكتسابها للخبرة.

ج- قد تتعلم إناث بعض الطفيليات من ربط الإستجابة بمضاد حيوي في العوائل التي تم تربيتها على بيئات صناعية كما هو الحال، على سبيل المثال، في الطفيل اليرقي *Bracon mellitor* المربى على يرقات سوسة لوز القطن *Anthonomus grandis*. وهنا يجب الحذر على أن مثل تلك الإناث سوف تعطي نتائج مضللة للباحث عند إجراء تجارب خاصة بإختبارات الكيرومونات، ولذا فإنه ينصح عند إجراء مثل هذه التجارب إستعمال إناث لم تتعرض من قبل لعوائل تم تربيتها على عوائل صناعية.

د- لدى كثير من الطفيليات القدرة على ربط روائح أو ألوان أو أحجام أو أنماط معينة من المأوى بموقعها الدقيق microhabitat المتواجد به العائل، ويمكن أن تبقى هذه الإستجابة التكيفية لمدة ٨-١٠ يوماً. من أمثلة ذلك، أن طفيل العذراء عديد العوائل *Itoplectis conquisitor* لديه قدرة عالية على التعلم. فى البداية، وإلى حد كبير، يطير الطفيل لأول مرة للعائل بطريقة عشوائية خاصة عند تعرض كل جيل من الأجيال المعملية لروائح مختلفة للعائل وكذلك لموقع دقيق microhabitat مختلف. وبعد ملاقاة العائل، وتطفلها على عدد محدود منه، فإن كثيراً من إناث الطفيل كان لديها القدرة على الربط بين الروائح الكيميائية أوالمنبهات الطبيعية وربطها مع الموقع الدقيق microhabitat الموجود به العائل وبالتالى يؤدى ذلك إلى زيادة نسبة التطفل بصورة ملحوظة. وقد أُستخلص من هذه التجربة قاعدة ملخصها أن فى بعض الحالات لابد أن يتم تهيئة conditioning الطفيليات الحشرية المرباة معملياً قبل إطلاقها فى الحقل بتعريضها لبعض روائح العائل المستهدف (وذلك لأن فى الطفيليات ذات المدى العوائلى الواسع قد تهاجم آفة أخرى خلاف الآفة المستهدفة) حيث يزيد ذلك من كفاءته وتوجهه مباشرة للعائل. قد يتم تهيئة الطفيليات عن طريق وضع العائل المناسب مع العائل النباتى أو المادة الغذائية المناسبة للعائل الحشرى داخل أقفاص التربية وإطلاق الطفيل معها لعدة ساعات وبالتالى فإن الطفيل يكون فى حالة نشطة تعرف بحالة سلوك البحث التطفلي searching-parasitized behavior phase وبالتالى سيبقى الطفيل فى المكان المستهدف لفترات طويلة وبالتالى زيادة نسبة التطفل ضد الآفة المستهدفة.

٢- التربية المعملية للعوائل الحشرية على بيئات صناعية وقبول الطفيليات لها

هنا لابد من إستعراض بعض الملاحظات الهامة التى تتعلق بعملية التربية المعملية للأعداء الطبيعية:-

أ- أظهرت بعض الدراسات المعملية خاصة على الطفيل *Itoplectis conquisitor* أن ذلك الطفيل يستجيب ويتقبل عائله نتيجة وجود مواد كيمائية داخل دم العائل، منها ١٩ حمض أمينى وسكر التريهالوز. من خلال سلسلة من التجارب بتركيزات مختلفة ومخاليط مختلفة من كل هذه المواد، أمكن مع محاولات فعلية لوضع البيض خارجياً in vitro التوصل إلى نتائج أفضل من إستخدام دم العائل المخفف بماء مقطر ١:٢ حجم/حجم. من هذه المخاليط مخلوط Leucine, Serine, Arginine مع كلوريد الماغنسيوم الذي أعطى نتائج عالية المعنوية مقارنة بباقى المخاليط بما فيها دم العائل المخفف.

ب- قد تلعب التربية المعملية للأعداء الطبيعية خاصة على بيئات صناعية دوراً هاماً فى المكافحة البيولوجية التطبيقية أوالكلاسيكية، ولكن فى بعض الأحيان ولطول فترة التربية المعملية وعدم تحسين صفات الطفيليات أو المفترسات عن طريق التزاوج مع أفراد مجموعة حديثاً من الحقل، تضعف السلالة وتفقد كثيراً من خواصها الفسيولوجية والبيولوجية الهامة ومنها إنخفاض الخصوبة الفعلية realized fecundity، وكذلك درجة إستجابتها للكيرومونات والمنبهات المختلفة التي تقودها للوصول للعائل، بل فى كثير من الأحيان تضعف الكفاءة البحثية للطفيل searching capacity نتيجة للتربية المعملية لعدد من الأجيال على عوائل متاحة فى مساحة ضيقة جداً مثل أقفاص التربية دون بذل أى مجهود يذكر فى البحث عن العائل.

ج- أثبتت كثير من الدراسات، خاصة المتعلقة بتربية بعض الطفيليات على عوائل مرباة على بيئات صناعية، أن تلك الطفيليات تختلف فسيولوجياً عن مثيلاتها المرباة على عوائل نباتية أو مواد طبيعية، وأن إستجابة تلك الطفيليات للعوائل النباتية كانت ضعيفه للغاية. على سبيل المثال، وجد أنه فى حالة إناث الطفيل *Cotesia kariyai* المرباة على يرقات عائلها الحشرى *Mythimna separata* التى تم تربية يرقاته على بيئة صناعية وتلك المرباة على نباتات الذرة قد إختلفت فى درجة إنجذابها للعوائل المصابة infested hosts، كما كان معدل طيران إناث الطفيل أعلى فى حالة الإناث المرباة على عوائل نباتات الذرة مقارنة بتلك المرباة على عوائل تم تربيتها على بيئة صناعية.

مما سبق، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار عند الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية معملياً وعلى بيئات صناعية أن يتم تهيئة conditioning تلك الطفيليات وقت الإطلاق عن طريق وضعها مع العائل والوسط النباتى وإتاحة الفرصة ولو لفترة قصيرة (لعدة ساعات) لتلك الطفيليات لوضع البيض وملامسة عائلها وبالتالى إكتساب الخبرة اللازمة عن وسط الإنتشار والعائل النباتى والحشرى معاً host-plant complex لما له من أثر بالغ فى تحسين الكفاءة البحثية للطفيل وإختصار الوقت اللازم للوصول للعائل.

٣- حمولة البيض Egg load

تعّرف حمولة البيض egg load على أنها عدد البيض الناضج داخل فريعات المبيض لإناث الحشرات. ثبت بالدليل القاطع أن كمية البيض الناضج داخل المبايض تؤثر بصورة كبيرة على سلوك الطفيليات وإستعدادها للبحث عن العائل وقبوله خاصة فى الطفيليات المستمرة تكوين البيض synovigenic parasitoids. على سبيل المثال، وجد أن طفيليات الذباب الأبيض مثل الطفيلين *Encarsia formosa& Eretmocerus californicus* يتأثر سلوكهما بشكل كبير بعدد البيض الموجود داخل فروع المبيض، بل أن الطفيل *E. formosa* يتجاهل أكثر من ٥٠% من الأفراد الصالحة للتطفل بسبب عدم وجود بيض ناضج داخل المبايض أو بسبب حركة العائل.

٤- خصائص العائل

قد يكون هناك مجموعة من العوامل (المرتبطة بالعائل) والتى تجعل طفيلاً ما لا يهاجم عائلاً معيناً قد يصلح لنمو ذريته، وأهم هذه العوامل ما يلى:

١- قد يفتقر العائل إلى المؤثرات التى تجذب اليه أنثى الطفيل. على سبيل المثال، بالرغم من صلاحية يرقات فراشة الدقيق لنمو يرقات طفيليات تتبع أجناس *Cryptus, Aneoplex, Ephialtes* داخل المعمل فإنه لا يوجد من الأدلة ما يوضح إتجاه هذه الطفيليات لهذا العائل تحت الظروف الطبيعية. وطبيعى أن يكون السبب فى ذلك مرجعه إفتقار يرقة هذا النوع لعوامل جذب هذه المجموعة من الطفيليات تحت الظروف الطبيعية.

٢- نتيجة لسلوك العائل العدوانى وحركته السريعة، يستطيع العائل أن يوقف أنثى الطفيل عن وضعها البيض عليه أو داخله بعد معركة حامية- تنتهى بتغلب العائل على الطفيل مثل فشل الطفيل *Goniozus legneri* وكذلك الطفيل *Bracon hebetor* فى كثير من الأحيان فى التطفل على العمر اليرقى الأخير لفراشة درنات البطاطس رغم قدرتهما على التطفل على الأعمار

اليرقية الصغيرة، أو أن يكون العائل محتمياً داخل أغطية واقية تقف حائلاً بين العائل والطفيل فلا يستطيع الأخير أن يدفع آلة وضع البيض من خلالها. من أمثلة هذه الأغلفة، الغلاف الخارجى الصلب لقشرة بيضة دودة الحرير بالنسبة لطفيل الترايكوجراما، وجدر الشرانق وبعض القشور والإفرازات الشمعية التى تفرزها حوريات الذباب الأبيض والبق الدقيقى للدفاع ضد الطفيليات والمفترسات التى تهاجمها... وغير ذلك من المواد التى تجعل العائل محصناً ضد هجمات الطفيل.

بالرغم من الحقائق السابقة يصعب دائماً تحديد العائل المثالى لنوع من الطفيليات على أسس من الخواص الكيميائية أو المورفولوجية للعائل إذ يدخل فى الإعتبار دون شك إرتباطاً وثيقاً بين الإستجابات الفسيولوجية والسلوكية للطفيل وعديد من العوامل الأخرى.

رابعاً: صلاحية العائل Host Suitability (Host Quality)

بعد قبول العائل، يجب على أنثى الطفيل فحص العائل بسرعة لتحديد صلاحيته لنمو ذريتها، وبناءً عليه يتحدد قرار التطفل من عدمه. هنا تستخدم الأنثى كلاً من قرون الإستشعار وآلة وضع البيض لتحديد درجة الصلاحية. تعتبر هذه الخطوة هى أهم الخطوات التى يتحدد بناءاً عليها عدد العوائل التى يمكن أن يختص بها طفيل أو مفترس وكذلك حجم حضنة الطفيل أو المفترس الموضوعة داخل أو على، أو بجوار العائل أو الفريسة. إذ لا يعنى تقبل أنثى الطفيل مثلاً لعائل ما أن ذلك العائل صالح لنمو ذريتها. تتفاوت درجة هذه الصلاحية بالنسبة للنوع من الطفيليات أو المفترسات حيث تكون بعض العوائل فى تمام الصلاحية لنمو ذريته ويصلح البعض الآخر إلى حد ما، بينما يكون البعض الآخر غير مناسب على الإطلاق. فى بعض الحالات، يكون العائل مُتطفل عليه أكثر من مرة أو ما يعرف بالتطفل المتعدد multiparasitoidism إذا كان التطفل بواسطة نوعين مختلفين، أو التطفل المتزايد superparasitoidism إذا كان متطفل عليه أكثر من مرة بواسطة نفس الأنثى أو أنثى أخرى من نفس النوع، وعلى ذلك فإن قدرة أحد الطفيليات على البقاء تمثل قدرته على التغلب على منافسيه فى حالة المنافسة الداخلية. يعزي التطفل الناجح والتخلص من المنافسين فى هذه الحالات إلى المهاجمة الطبيعية physical attack، والإخماد الفسيولوجي physical suppression عن طريق إستهلاك الأكسجين anoxia (عدم التنفس)، أو إفراز السموم secretion of toxins، أو التجويع starvation أو تغيير ظروف العائل المناسبة للنمو host alteration.

على ذلك تقوم إناث الطفيليات بتحديد صلاحية العائل من خلال:-

١- **وجود تطفل مسبق presence of parasitism**: فى مثل هذه الحالة تقوم أنثى الطفيل بفحص العائل بقرون الإستشعار وآلة وضع البيض بغرض إستكشاف:

أ- وجود فيرومونات التعلم marking pheromone خارجياً على العائل بواسطة إناث طفيليات أخرى ويتم ذلك بواسطة قرن الإستشعار.

ب- وجود بيض أو يرقات طفيليات أخرى داخل العائل، وغالباً يتم تنفيذ ذلك بواسطة آلة وضع البيض.

٢- **تحديد القيمة الغذائية nutritional quality**: فى هذه الحالة تقوم أنثى الطفيل بإستخدام آلة وضع البيض لتحديد جودة العائل الغذائية من خلال:

أ- وخز وجرح العائل وتذوق بعض من العصارة المنبثقة من الجرح.

ب-دفع آلة وضع البيض لتحديد الحالة الصحية أو المرضية الداخلية للعائل.

وعلى ذلك فإن قرار صلاحية العائل يتوقف على:-

١- **حجم العائل**: يعتبر حجم العائل من الصفات الطبيعية الهامة والمحددة لقبول الطفيليات لعوائلها خاصة فى طفيليات البيض من جنسى *Trichogramma* و*Telenomus*، علاوة على أن حجم العائل هام جداً فى قرار الطفيل من حيث نوع البيض الموضوع (مخصب أو غير مخصب)، وبالتالى تحديد جنس الطفيل الناتج. تفضل أنثى طفيل الترايكوجراما العوائل كبيرة الحجم لإنتاج الإناث والعكس بالنسبة للذكور، كما يتناسب حجم الفرد الناتج مع حجم العائل (شكل ٣:١٩).

٢- **قدرة الطفيل على تمييز العائل المتطفل عليه host discrimination**: وهى من أهم النقاط التى تحدد قرار صلاحية العائل من عدمه، خاصة تحت الكثافات المنخفضة من العائل فى نفس الموقع habitat.

٣- **عمر العائل host age**: حيث لكل طفيل عمر مفضل وصالح للتطفل، ولكن فى حالة عدم توفره، تقوم الأنثى بقبول عائل أقل جودة لوضع البيض. على سبيل المثال، وجد أن العمر الثانى والثالث الحورى للذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* هو المفضل للطفيل *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashii* ولكن فى حالة عدم توافرهما، فإن الطفيل يقبل الأفراد التى يقابلها من العمر الأول (بعد سكونها على النبات settled first instar) أو العمر الحورى الرابع للتطفل.

غالبا ما يفترض أن العائل مناسب غذائياً للطفيل. تتشابه الإحتياجات الغذائية لنمو الطفيليات الداخلية مع مثيلاتها فى باقى الحشرات، وغالباً ما يشار للعائل الجيد بالعائل المناسب suitable host، بينما العائل غير المناسب فيشار إليه بالعائل المقاوم أو العنيد resistant or refractory host. يفترض كثير من الباحثين أن معظم الحشرات هى عوائل غذائية للطفيليات وبالتالى قد ترجع عدم صلاحية العائل لعدم مقدرة الطفيل على إستخلاص المواد الغذائية من أنسجة عائلها. يأخذ البيض واليرقات الصغيرة للطفيليات الداخلية إحتياجاتها الغذائية من دم العائل وعليه فإنه خلال هذه الفترة الحرجة من نموه، يتنافس داخلياً مع باقى أنسجة العائل لأخذ إحتياجاته الغذائية من الدم. أوضحت بعض الدراسات أن هناك زيادة فى نسبة الدهون والبروتين والأحماض الأمينية فى الدم عقب التطفل وبالتالى فإن مثل هذه النتائج تبرهن على قدرة الطفيل على تغيير الحالة الغذائية داخل العائل وبالتالى يعتبر عامل هام فى تحديد صلاحية العائل.

تقدير جودة العائل Host quality assessment

هناك عدة أشكال من علاقة الطفيليات بعوائلها :-

١- تكون بعض العوائل كافية لإمداد فرد واحد فقط من الطفيل بالغذاء، وبالتالي يكون من الأفضل لأنثى الطفيل التالية أن تتعرف وتميز هذا العائل على أنه قد سبق التطفل عليه وتتجنب وضع البيض بداخله.

٢- تكون للأنثى التالية (رقم ٢) قدرة نسبية في التطفل على عائل قد سبق التطفل عليه بواسطة طفيل آخر وذلك عندما تكون الأطوار غير الكاملة لها قادرة على إقصاء أو الفوز على النوع الأول وهذه حقيقة في بعض الطفيليات.

٣- قد يكون العائل قادراً على إمداد أكثر من فرد من الطفيل بالغذاء، ولكن غالباً ما يترتب على ذلك صغر حجم الحشرات الكاملة الناتجة وقصر فترة حياتها.

٤- تستطيع يرقات الطفيليات الداخلية من إبعاد وإقصاء اليرقات الأخرى من نفس النوع أو من أنواع أخرى بعدة وسائل منها إستخدامها فكوكها العلوية، أو إستهلاك المواد الغذائية للعائل لتجويع المنافس، أو إفراز السموم، أو عن طريق إفراز الإنزيمات. على سبيل المثال وجد أن اليرقات المتطفل عليها حديثاً بواسطة الطفيل *Cotesia glomerata* تكون صالحة للتطفل عليها مرة أخرى لعدة أيام بواسطة الطفيل *C. rubecula* وذلك لقدرة يرقات النوع الثاني ذات الفكوك القوية على قتل يرقات النوع الأول عديمة الفكوك، و بنفس الطريقة وجد أن اليرقات المتطفل

عليها بواسطة الطفيل *C. glomerata* تكون صالحة أيضا للتطفل عليها بواسطة إناث أخرى من نفس النوع لعدة أيام من تطفل الأنثى الأولى ويرجع ذلك لقدرة يرقة العائل على إمداد نسل الأنثين بالغذاء اللازم وكانت نسبة الإفراد الناتجة من نسل الأنثى الثانية ٨% من جملة اليرقات المتطفل عليها.

٥- تستطيع كثير من الطفيليات تمييز العوائل المتطفل عليها عندما تكون يرقة النوع الأول متقدمة عمراً. يزداد الأمر صعوبة فى حالة وجود البيض أو الأعمار الصغيرة للطفيل. قد يتم تمييز العائل المتطفل عليه بواسطة منبهات خارجية على العائل أو تغيرات داخلية بدم العائل أو أنسجته وغالبا ما تستخدم قرون الإستشعار لإستكشاف المنبهات الخارجية بينما تستخدم المراكز الحسية على طرف آلة وضع البيض لاستكشاف التغيرات الداخلية. على سبيل المثال وجد أن كل من الطفيلين *Telenomus podisi* ، *Trissolcus euschisti* يميزا ويعلما كتل بيض عائلهما وهى البقة الخضراء بواسطة مواد قابلة للذوبان في الماء ، أما الطفيل *Cotesia nigriceps* والطفيل *Micropletis corecieps* يميزان عائلهما بواسطة إفرازات من غدة ديفور Dufour's gland وهي مواد ذات عمر قصير short life materials.

٦- وجد أن طفيل المن من النوع *Ephederus cerasicola* يستخدم قرون إستشعاره لإستكشاف المنبهات الخارجية لتمييز العوائل المتطفل عليها عندما تكون أقل من ٦ ساعات. أما تلك الأطول من ٦ ساعات عمراً فإن الطفيل يستخدم آلة وضع البيض وبواسطة غرسها لفترة بسيطة تستطيع الأنثى تمييز العائل المتطفل عليه من عدمه. وقد تم تسجيل نفس السلوك في طفيل *Encarsia formosa* المتطفل على حوريات الذباب الأبيض.

عموماً فإن القرار الأصعب هو عدد البيض الذي سيتم وضعه داخل العائل وهذا بلا شك يعتمد على حجم العائل وأسبقية التطفل عليه. قد يكون التطفل المتزايد ميزة نسبية في حالة الطفيليات الجماعية التي يكون فيها العائل قادراً على إمداد أكثر من فرد من الطفيل بإحتياجاته الغذائية دون التأثير على نسبة البقاء أو حجم الأفراد الناتجة. في بعض الحالات يكون قرار التطفل المتزايد بواسطة أنثى الطفيل لا مفر منه وأفضل من الإنتشار لمكان آخر بحثاً عن عائل غير متطفل عليه لعدة أسباب منها:-

١- قد يحتاج الإنتشار لمكان آخر، بحثاً عن عائل آخر، لوقت أطول للوصول لعائل أفضل في الجودة من العائل المتاح وهذا بما لا شك فيه لن يكون مناسباً لإناث الطفيليات المتقدمة فى العمر والتى تريد أن تتخلص من حمل البيض حتى ولو فى عوائل أقل جودة.

٢- قد يزيد من الخطورة التي تتعرض لها الإناث إفتراسها مثلاً إذا إنتشرت في مكان آخر.

٣- قد تكون الطاقة المستهلكة فى التطفل على عائل سبق التطفل عليه أقل عند مقارنتها بالإنتشار بحثاً عن عائل جديد. فى حالة الطفيل *Encarsia formosa*، على سبيل المثال، تتجه أنثى الطفيل عند ندرة العوائل الجيدة إلى قتل البيض (سواء لنفس الأنثى أو لإناث أخرى تابعه لنفس النوع) داخل العائل فيما يعرف بقتل البيض ovicide. هناك عدة تفسيرات لهذا السلوك الشاذ وربما الأكثر واقعية هو أنه رغم أسبقية التطفل على هذا العائل إلا أن جودة العائل لازالت عالية مقارنة بالعوائل الأخرى المتاحة فى نفس الوسط أو أن هذا العائل المتطفل عليه ربما متطفل عليه بواسطة بيضة منتجة للذكور- ونتيجة لخبرة الأنثى، فإن الأنثى تفضل إعادة إستثمار هذا الفرد من العائل عن طريق إعادة التطفل عليه ببيض منتج للإناث. رغم تلك التفسيرات، إلا أن كيفية تحديد الأنثى لجنس البيض داخل العائل غير معروفة بدقة على الرغم من التوجيه عالى الدقة لآلة وضع البيض فى مكان تواجد البيضة داخل العائل حيث كانت معظم الوخزات فى مكان البيضة أو بالقرب منها.

فى الطفيليات الجماعية التي تستطيع أن تتطفل على العائل في عدة أعمار مختلفة، فإنه يتم ضبط تعداد عدد البيض الموضوع بالعائل تبعاً لحجم وعمر العائل. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل *Anagyrus indicus* المتطفل على البق الدقيقى *Nipaecoccus rastator* يستطيع أن يتطفل على الثلاثة أعمار الأولى من عمر الحورية وكذلك على الحشرة الكاملة، ويزداد عدد البيض تبعاً لحجم العائل من ١,٢ بيضة في العمر الحورى الأول إلى ٢,٨ بيضة في حالة الحشرة الكاملة. وجد أنه في حالة الطفيليات الجماعية التي تتطفل على عوائل ذات أحجام مختلفة مثل الطفيل *Aphytis lingananesis* فإنه يضع بيضة واحدة منتجة للذكور عندما يتطفل على عائل صغير الحجم، وبيضاً منتجاً للإناث فى العوائل كبيرة الحجم. وقد تستقبل العوائل كبيرة الحجم عدداً أكثر من البيض. وجد أن بعض الطفيليات التي تتقبل عوائل متطفل عليها فإن الأنثى في هذه الحالة تفضل وضع بيض منتج للذكور وذلك لقلة توفر المواد الغذائية مقارنة بالعوائل غير المتطفل عليها. أما في حالة الطفيليات الإنفرادية فيعتقد أنها تفضل العوائل الصغيرة أيضاً لإنتاج الذكور والكبيرة في الحجم لإنتاج الإناث وقد تم ملاحظة هذه الحالة في طفيليات المن والطفيليات المتطفلة على الحشرات التابعة لعائلة Agromyzidae وعائلة Tephritidae حيث يعتقد أن كفاءة الأنثى تزداد بزيادة حجم العائل وذلك على العكس في حالة الذكور والتي لا ترتبط كفاءتها بحجم العائل.

ربما تعزى عدم صلاحية العائل لنمو الطفيليات إلى بعض خصائص هذه الطفيليات أكثر مما تعزى إلى بعض صفات العائل، مما يفسر أن المناعة كظاهرة يمكن أن ترتبط بالعائل وبالطفيل على حد سواء.

من خلال ما سبق ذكره من حقائق مرتبطة بإختيار الكائن المهاجم لعائله (وخاصة من ناحية صلاحية العائل للطفيل) تكمن أسباب عدم نجاح التطفل فى مجال الكافحة البيولوجية فيما يلى:

أ- **أن يكون العائل غير لائق طبيعياً**: مثل أن تكون محتوياته المائية عالية جداً أو محتوياته الغذائية فقيرة جداً أو يكون مغلفاً بغطاء سميك يحول دون تنفس الطفيل بداخله أو لا يسمح لأنثى الطفيل بأن تغرس آلة وضع البيض داخلة.

ب- **أن يكون العائل غير لائق بيولوجياً** : مثل:

١- قد تتسبب مهاجمة أنثى الطفيل لعائلها قتل هذا العائل فى وقت قصير مما يجعله غير دائم الصلاحية لنمو يرقات الطفيل عليه أو داخله.

٢- قد يتساقط بيض وصغار بعض الطفيليات الخارجية نتيجة لحركة العائل مما يتسبب فى فناء هذه الأطوار.

٣- قد يزاح بيض الطفيل بعيداً عن عائله أثناء إنسلاخ العائل ثم يضمحل البيض فوق جلد الانسلاخ.

٤- قد يبدى العائل رد فعل بالمهاجمة الدموية السابق ذكرها. على سبيل المثال، تبين أن الطفيل *Cotesia glomerata* الذى ينجح فى تطفله على يرقات ديدان الكرنب *Pieris* spp. حيث تصلح هذه اليرقات دائماً لنمو ذرية هذا الطفيل، يتقبل ببساطة يرقات فراشة الكرنب *Mamestra brassicae* ويضع بداخلها البيض إلا أن ذرية الطفيل داخل يرقات النوع الأخير تتعرض مبكراً للمهاجمة الدموية التى تجعل منها عائلاً غير صالح للطفيل.

خامساً: تنظيم نمو العائل Host Regulation

بعد تمام عملية التطفل ووضع البيض داخل العائل، يكون مستقبل نمو العائل مهماً فقط بالنسبة للطفيل وليس للعائل. هناك بعض الآراء التي ترى أن فرد العائل المتطفل عليه لم يصبح جزء من جمهور العائل ولكنه إناء أو وعاء للطفيل، وربما ذهب البعض الآخر إلى أنه بمجرد نجاح وضع البيض فى عائل مناسب لم يظهر مقاومة أو مناعة ضد الأطوار غير الكاملة للطفيل لاحقاً، فإن فرد العائل المتطفل عليه يصبح مدلولاً لجمهور الطفيل لاحقاً وليس للعائل.

مما لا شك فيه أن تأثير الطفيل على نمو ومورفولوجيا وبيولوجيا وسلوك العائل الحشرى قد تم دراسته فى بعض الحالات، إلا أن كيفية تنظيم العائل لم تلق الإهتمام الكافي حتى الآن. ربما تكون عملية ضبط وتنظيم العائل الحشرى بواسطة الأعداء الطبيعية أكثر إرتباطاً بالطفيليات عنها بالمفترسات، وبالطفيليات الداخلية أكثر منها فى الطفيليات الخارجية. أوضح فيرهير Furher عام ١٩٦٨ أن الطفيل يحدث تغيرات فسيولوجية داخل العائل حتى يلائم نموه وبالتالى يغير من إستجابة العائل للبيئة، وعلى ذلك يكون العائل المتطفل عليه مختلفاً بيئياً عن ذلك غير المتطفل عليه، وقد عزى ذلك إلى وجود يرقات الطفيل وتغذيتها على العائل. وعلى الرغم من التقدم العلمى الكبير فى الدراسات فى مجال المكافحة البيولوجية إلا أنه لازال هناك قصوراً في تصور كيفية تنظيم أنثى الطفيل للعائل أثناء نمو حضنتها.

ولعل من أحسن الأمثلة لمناقشة تلك النقطة هو مناقشة العلاقة بين حشرة *Heliothis virescens* وبعض طفيلياتها حيث ثبت أن اليرقات المتطفل عليها لاتنمو بنفس المستوى من السرعة كاليرقات غير المتطفل عليها حيث ثبت أن العامل المسئول عن ذلك يكون فـي منطقة الكأس calyx أو فى قناة المبيض الجانبية lateral oviduct في الجهاز التناسلي لأنثى الطفيل. أيضاً وجد أن لغدة السم poison gland دوراً هاماً في ذلك التغيير. وجد أيضاً أن محلول من محتويات القناة الجانبية لمبيض الطفيل *Campolitis sonorensis* عندما يحقن في العمر الثالث اليرقي لدودة الدخان يحدث عنه توقف في نمو وتغذية اليرقات. يظهر تأثير ذلك بعد يوم واحد فقط من الحقن وتظل هذه اليرقات على هذه الحالة من توقف النمو لأكثر من شهر أو حتى الجفاف والموت. غير أن كيفية تأثير ذلك السم غير معروف بدقة وإن كان لاينتج شللاً في العائل. وعلى العكس من ذلك فقد وجد أن السم من الطفيل *Cotesia nigriceps* لا يؤثر على الجهاز العصبي وكذلك العضلات حيث تكون اليرقات قادرة على الحركة بالإضافة إلى المضغ ومرور الطعام في القناة

الهضمية. على هذا يعتقد أن هذا السم مختلف عن مثيله في طفيل .*Bracon* sp والذى يغلق block الربط والتواصل العصبى العضلى neuromuscular junctions لعائلها.

هناك بعض الشواهد على تدخل التطفل في نظام عمل الغدد الصماء endocrine system – فقد ذكر أن طفيل المن *Aphidius plantensis* له تأثير شبابى juvenalizing effect على عائله وذلك بإطالة فترة حياة الأعمار الحورية للعائل. أيضاً وجد أن حقن خلايا التيراتوسيت teratrocytes (الناتجة من إنفصال الغشاء الجنيني بعد فقس بيضة الطفيل) تؤدى أيضاً إلى تأثيرات شبابية في العائل. أيضاً وجد أن خلايا التيراتوسيت قد تحتوي على إنزيم مشابه لهرمون الحداثة. أيضاً ذكر أن نشاط غدة الصدر الأمامى (غدة مقدم الصدر) prothorcic gland في يرقات *Ttrichoplusia ni* المتطفل عليها كانت أصغر حجماً، وكان تخليق الحامض النووي RNA في الغدد أقل مقارنة باليرقات غير المتطفل عليها. أيضاً هناك بعض التغيرات البيوكيميائية للعوائل بعد تطفلها، قد يكون هذا التغير في كمية ونوعية الأحماض الأمينية والبروتين على الرغم من عدم وضوح الدور الذى يلعبه السم في إحداث ذلك.

هناك بعض الآراء التى تقول أن التخصص العائلى host specificity ربما يرجع الى قدرة السم venom على إحداث تغيرات جوهرية لتناسب نمو الطفيل. حيث ثبت أنه عند إزالة غدة السم من أنثى الطفيل *Cotesia nigricpes* والسماح لتلك الإناث بالتطفل ووضع البيض وجد أن نسبة التطفل الناجح والأفراد الناجحة فى إكمال نموها منخفضة جداً مقارنة بالكنترول، وأنه عند نقل يرقات الطفيل في يرقات عوائل أخرى غير متطفل عليها فإنها تفشل في النمو وإكمال نموها بسبب عملية التكبسل encapsulation.

أرجع سولت Salt ١٩٣٨م فشل التطفل أوعدم صلاحية العائل إلي عدم ملائمة المحتويات الكيميائية chemical constituents الضرورية لنمو الطفيل. وعلى ذلك قد يكون العائل غير ملائم لظروف غذائية أو لوجود مواد كيميائية ضارة به. وربما يرجع ذلك إلي فشل الطفيل في إحداث تغيرات جوهرية داخل العائل وتنظيمه داخلياً ليناسب نموه. مثال على ذلك ما وجد في يرقات *Heliothis virenscens* حيث وجد أنه بمقارنة مستوى سكر التريهالوز trehalose في الدم بين اليرقات المتطفل عليها وتلك غير المتطفل عليهما بواسطة الطفيلين *Micropletis croceipis*، *Cotesia nigriceps* وجد أن مستوى هذا السكر إنخفض نتيجة التطفل بواسطة الطفيل *C. nigriceps* وإرتفع بشدة نتيجة للتطفل بواسطة الطفيل *M. croceipes* وأن هذا الإرتفاع حدث بعد يوم من التطفل. عزى هذا الإرتفاع في مستوى السكر إلي تأثير أنثى الطفيل بعد وضع البيض.

وهذا الإرتفاع في مستوى السكر في الدم مقارنة بما هو موجود بالجسم body reserve ربما يكون له أهمية كبيرة بالنسبة لطفيل مثل *M. croceipes* الذي يتغذى على الهيموليمف والذي يأخذ كل إحتياجاته الغذائية منه عكس الطفيليات الأخرى التي تستهلك المحتويات والأنسجة الداخلية لعوائلها. وعلى ذلك فإن عدم قدرة العائل في الإستجابة السريعة للتغلب على هذا التنظيم الكيميائي ربما يزيد من صلاحيته وبالتالي يزيد فرص نمو الطفيل ونجاح التطفل.

تنظيم نمو العائل والتفاعلات الفسيولوجية Host regulation and physiological interaction

بعد الهروب من أو التغلب على دفاعات العائل، يجب على الطفيل أن ينظم نمو عائله فسيولوجياً بما يتناسب مع نموه. يستفيد الطفيل بلا شك من التحكم فى الإنسلاخ والتغذية والحركة. يتضمن ذلك التأثير أى من:-

١- طول فترة نمو طور العائل المتطفل عليه خاصة الطور المتغذى.

٢- زيادة فى عدد الأعمار اليرقية أو الحورية للعائل أو إنقاصها عن ذلك وهو ما يعرف بالتشكل المبكر early or precocious metamorphosis.

٣- وقف الانسلاخ.

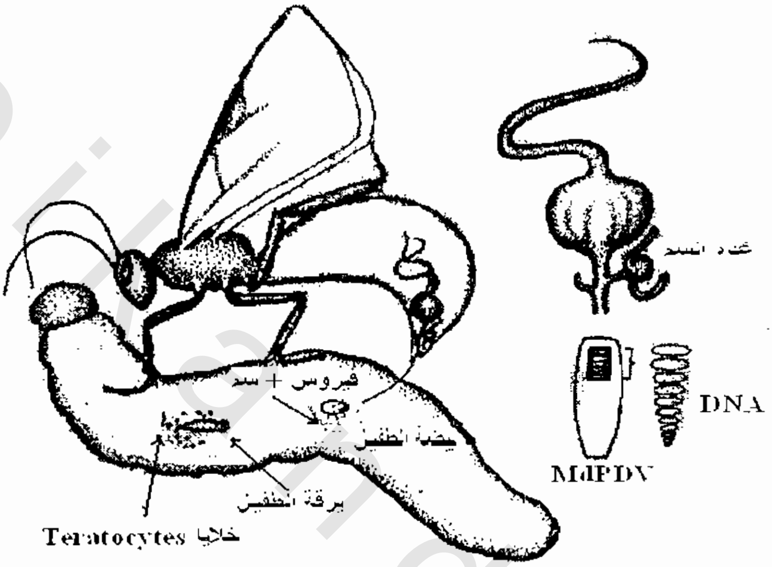
٤- توقف النمو.

٥- كسر حالة السكون فى العائل breaking host diapause.

يختلف تأثير الطفيل فى تغذية الطور المتغذى للعائل وبالتالي فترة نموه في الطفيليات الإنفرادية solitary عنه في الطفيليات الجماعية gregarious، إذ تقصر فترة الطور المتغذى فى الطفيليات الإنفرادية وتطول فى الطفيليات الجماعية حيث يحتاج نسلها إلى مصادر غذائية أكثر وبالتالى فإن إطالة العمر المتغذى يكون فى صالح الطفيل.

حتى الآن ليس هناك تفسير واضح ودقيق عن كيفية تحكم الطفيل فى نظام الغدد الصماء للعائل endocrine system. لكن من المؤكد أن هناك العديد من المكونات التى لها دور رئيسى فى ذلك مثل الفيروس polydnavirus، والسموم، وخلايا التيراتوسيت teratocytes الناشئة من إنشقاق الغشاء الجنينى بعد فقس بيضة الطفيل. على سبيل المثال وجد أن السائل المبيضى (الكأس) ovarian (clayx) fluid الذى تفرزه أنثى الطفيل فى العائل أثناء وضع البيض يحتوى على حبيبات من الفيروس ليس كافياً بمفرده فى التحكم فى إنسلاخ دودة الدخان *Heliothis virescens* المتطفل عليها بواسطة الطفيل *C. nigriceps*، إذ تتطلب وقف الإنسلاخ كل من هذا السائل وكذلك السم

الذى تضعه الأنثى أيضاً أثناء وضع البيض (شكل ٦:٥). أكثر من ذلك، فإن السم الذى يفرز من أنواع أخرى من طفيليات دودة الدخان كان غير كاف بمفرده أو حتى عندما أُستخدم مع السائل المبيضى من طفيليات أخرى لوقف الانسلاخ. أما العامل الثالث وهو خلايا التيراتوسيت teratocytes فكان لها الدور الهام فى وقف النمو فى يرقات دودة الدخان المتطفل عليها بواسطة الطفيل *Micropletis croceipes*، إذ تلعب هذه الخلايا دوراً حيوياً فى تنظيم العلاقة بين الطفيل وعائله مثل وقف الجهاز المناعى immunosuppressive function. تختلف أهمية كل من خلايا التيراتوسيت والفيروس فى المجاميع المختلفة من الطفيليات الحشرية. فى عائلة Braconidae نجد أن كلاً من الفيروس والسم هما الأكثر إستخداماً فى تثبيط ووقف الإنسلاخ، ولكن فى طفيليات عائلة Ichneumonidae وجد أن الفيروس بمفرده كاف جداً لإنجاز هذه المهمة.



شكل (٦:٥) يوضح ميكانيكية التغلب على دفاع العائل بواسطة أنثى الطفيل.

إستخدام المحفزات الهرمونية لضبط سكون الطفيل
Use of endocrine cues in parasitoid diapause

من الممتع أن نذكر أنه من المهم للطفيل أن يستخدم الدلائل الهرمونية والفسيولوجية للعائل والمرتبطة بتوقف نموه أو سكونه لتنظيم سكونه diapause هو نفسه. على سبيل المثال وجد أن الطفيل التاكنيدى *Carcelia* sp. عندما ينمو داخلياً فى عائل وحيد الجيل univolatine host فإنه يدخل فى سكون، ولكن عندما ينمو داخل عائل ثنائى الجيل bivolatine host فإنه لا يدخل فى سكون في الجيل الأول ولكنه يستمر فى النمو ويدخل فى سكون مع عائله فى نهاية الجيل الثانى.

إستخدام المحفزات الهرمونية في نمو الطفيل

Use of endocrine cues in parasitoid development

وجد أيضاً أن الطفيليات ربما تهاجم عوائلها فى أطوار مبكرة عن العمر أو الطور المفضل من الأطوار غير الكاملة للطفيل. على ذلك، فإن الطفيل غالباً ما يؤخر نموه حتى وصول العائل للعمر أو الطور المناسب لنمو أطواره غير الكاملة. ربما يستخدم الطفيل المحفزات الهرمونية المرتبطة بالعائل لإستهلال إنسلاخه أو تسريع نموه. على سبيل المثال وجد أن الطفيل *Diachasma* sp. المتطفل على يرقات الدروسوفيلا ينسلخ من العمر اليرقى الأول للعمر الثانى بعد ثمانية ساعات فقط من تكوين جلد عذراء العائل puparium بصرف النظر عن وقت وضع البيض داخل يرقات العائل، حيث كان وقت إنسلاخ الطفيل الناتج من تطفل مبكر متزامناً مع وقت إنسلاخ الطفيل الناتج من تطفل متأخر عنه بأكثر من ثمانية أيام. تم تسجيل نفس الحاله فى الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيض فراشة درنات البطاطس. فقد وجد أن هناك إرتباط وثيق بين نمو الطفيل ونمو العائل، حيث أن تحرر يرقات العمر الأول للطفيل من الجسم التوتى (بصرف النظر عن وقت وضع البيض سواء كان وضع البيض فى بيض عائل حديث عمره عدة ساعات أو أكثر من ثلاثة أيام) داخل التجويف الدموى للعائل مرتبط بإنسلاخ العائل للعمر اليرقى الأخير. أيضاً فإن إنسلاخ العمر اليرقى الأول للطفيل إلى العمر اليرقى الثانى لن يحدث حتى بداية غزل شرنقة العائل وإستهلال عملية التعذير بتكوين طبقة حريرية حول اليرقات ونزولها للتربة للتعذير. بالتالى تكون يرقات أو عذارى الطفيل مرتبة داخل مومياء العائل وهي محاطة بطبقة حرير خفيفة وحبيبات رمل كثيفة، والتي ربما توفر لها الحماية من هجوم المفترسات الحشرية الأرضية أو الطفيليات المفرطة. جدير بالذكر أنه حتى الآن – وربما لهذا السلوك– لم يتم تسجيل طفيليات مفرطة على هذا الطفيل.

من الأكثر غرابة ما يحدث فى طفيليات الذباب الأبيض التابعة لجنس *Eretmocerus*، حيث يضع الطفيل بيضه تحت حوريات عائله (ذبابة القطن البيضاء أو ذبابة الصوب البيضاء) سواء كان في العمر الأول أو الثانى أو الثالث أوالرابع فى قليل من الحالات، فإذا تم وضع البيض تحت العمر الحورى الأول أو الثانى للعائل، فإن عملية فقس البيض وخروج اليرقات تتأخر حتى وصول العائل للعمر الحورى الثالث، أى أنه فى كل الحالات لن يحدث هناك نمو فى بيضة الطفيل حتى وصول العائل للعمر الحورى الثالث المناسب للنمو. وحتى الآن فإن الميكانيكية التى تتحكم فى نمو بيض الطفيل غير معروفة بدقة خصوصاً أن البيض يوضع خارج العائل حيث لا

يوجد فرصة لحقن سم، أو فيروس أو حتى لوجود خلايا التيراتوسيت وربما يكون لثقل وزن الحورية وهى في عمرها الثالث دافعاً لخروج يرقة العمر الأول من البيضة.

التحكم فى نمو العائل Control of host development

بخلاف الحالتين السابقتين، والتى فيهما يتفاعل الطفيل مع النظام الهرمونى للعائل لتوقيت نموه، فإن الطفيل يتحكم هنا مباشرة فى نمو العائل ويتم ذلك إما بمنع العائل من الإنسلاخ وإنتقاله لطور آخر، أو بإجبار العائل على الإنسلاخ مبكراً لطور معين. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma truncTellum* المتطفل على الفراشة ذات النقطتين *Trichoplusia ni* يدفع يرقات العائل المتطفل عليها في المرور فى أعمار يرقية إضافية supernumeral مما يؤدى إلى إطالة العمر اليرقى للعائل وبالتالى توفر المزيد من مصادر الغذاء للطفيل. أيضاً فإن الطفيل *Chelonus* sp. يجعل عائله يستهل ويبدأ فى تحول مبكر قبل أوانه Prematurely metamorphosis مثل غزل الشرنقه ولكنه لا يسمح للعائل بالتعذير الحقيقى، وبالتالى فإن غزل الشرنقة هنا هى لحماية الطفيل من هجوم الأعداء الطبيعية الأخرى وليس لحماية العائل. ربما يتحكم فى ذلك الفيروس polydnavirus الذى يحقن أثناء وضع البيض بواسطة الطفيل داخل العائل. أكدت التجارب أنه عند حقن هذا السائل المبيضى المحتوى على الفيروس داخل العائل وبدون وضع البيض (ما يعرف بتجارب التطفل الكاذب pseudoparasitized host experiments) سبب نفس الأعراض والسلوك التى تحدث مع وجود بيض ويرقات الطفيل مما يؤكد هذه الفرضية.

التوافق وسلالات الأعداء الطبيعية Synchrony and natural enemy races

على العدو الحيوي الناجح أن يضبط بدقة وقت نموه وتكاثره مع المواسم التى يكون فيها عائله أو فريسته أو مصادره الغذائية الأخرى متاحة. تقضي بعض الأعداء الطبيعية الفترات غير المواتية (شتاء بارد – الفترات شديدة الحرارة – فترات الجفاف) أو الفترات التى يكون فيها العائل غير متاح في خمول فسيولوجي physiological inactivation. ونتيجة لتوقف النمو فسيولوجياً يتم تسمية ذلك بالسكون diapause. تستخدم الطفيليات الداخلية ظروف بيئات العائل كمصدر معلوماتي هام يُمكن العدو الحيوي من التوافق الموسمي seasonal synchronization مع العائل. في بعض الحالات الأخرى، يتفاعل العدو الحيوي مباشرة مع البيئة والظروف الجوية ليبدأ في أو ينهى سكونه وتكون أكثر العوامل أو الإشارات المتحكمة فى ذلك هي فترة الإضاءة.

فى البعض الآخر من الأعداء الحيوية تكون درجة الحرارة عامل هام في التأثير على السكون حيث ربما يرتفع أو ينخفض معدل التمثيل الغذائي نتيجة لتأثير عامل الحرارة ولكن دون حدوث توقف للنمو. ربما تلعب شدة الإضاءة على إنخفاض فرصة أقلمة وتوطيد الأعداء الطبيعية فى الأماكن الجديدة وعند إختلاف منطقة المنشأ مع منطقة الإطلاق فى شدة وطول الفترة الضوئية وخطوط العرض. على سبيل المثال فشلت كل محاولات توطين الطفيل *Cotesia rubecula* من أوربا فى شرق الولايات المتحدة بسبب عدم التوافق بين فترة الإضاءة فى المنطقتين.

أيضاً ربما يفشل العدو الحيوى فى إكمال دورة حياته لعدم توفر العائل المناسب في وقت معين من السنة. وجد أن الطفيل *Podobius foveolatus* يقضى الشتاء بنجاح فى شمال الصين فى مناخ مشابه لما هو موجود فى الشمال الشرقى للولايات المتحدة. ولكن نفس السلالة من الطفيل فشلت فى التوطن فى الشمال الشرقي للولايات المتحدة ربما بسبب أن الطفيل يقضى الشتاء على بعض الحشرات مثل حشرة *Epilachna adrmibrabilis* والتى تقضى الشتاء على هيئة يرقة. هذه العوائل غير متاحة فى الولايات المتحدة ويقضى العائل الحشرى الأصلى لهذا الطفيل فى الولايات المتحدة وهو *Epilachna varivestis* الشتاء على هيئه حشرة كاملة. كذلك الطفيل *Eretomecrus sericus* الذى يفشل فى تطفله على عائله (ذبابة الموالح السوداء *Aleurocanthus woghume*) في المناطق المرتفعه الباردة وينجح في تطفله فى المناطق الساحلية الدافئة بالولايات المتحدة الأمريكية، مما يوضح دور درجة حرارة وسط الإنتشار.

بالإضافة للإختلافات الوراثية المرتبطة بالتوافق الموسمى، فإن جماهير العدو الحيوى المحلى ربما تختلف فى الأقلمة خاصة فى بيئات ذات ظروف بيئية قاسية extreme conditions. ربما نحتاج هنا إلى جمع العدو الحيوى من مناطق مختلفة وذلك للحصول على إستجابات مختلفة للظروف البيئية. مثلاً فإن الطفيليات التى جمعت من الصحراء فى الشرق الأقصى لم تظهر أى إستجابات أو علامات على الأقلمة فى كاليفورنيا (منطقة حارة) مقارنة بالطفيليات التى جمعت من غرب أوربا والتى تكون مناسبة فقط فى المناطق الساحلية الباردة.

السلوك السروحى فى الطفيليات المفرطة Foraging behavior in hyperparasitoids

هناك قليل من المعلومات عن السلوك السروحي foraging behavior والمحفزات التى تسهم في ملاقاة الطفيليات المفرطة لعوائلها. تعمل الندوة العسلية، بصفة عامة، كمحفز غير متخصص يستدل به، بعد وصول أنثى الطفيل المفرط، على وجود مستعمرات للمن على العائل النباتى. ويؤدى تراكم الندوة العسلية في منطقة معينة إلى زيادة فترة إستقرار إناث الطفيليات المفرطة في

المكان الملوث بالندوة العسلية. وربما تكون الندوة العسلية مسئولة عن زيادة النشاط البحثي لهذه الطفيليات والتي تزيد بالتالى من نسبة التطفل. سجل هذا النشاط فى أنواع الطفيليات المفرطة *Alloxysta vicrix* ، *Phaenoglyphis villosa* و *Denndrocerus carpenteri*.

أما فى حالة الطفيليات المفرطة المتخصصة، كما فى معظم الأنواع التابعه لجنس *Alloxysta*، فإن الندوة العسلية كمحفز، تقدم إسدلالات محدودة للغاية. لكن هناك إستراتيجيتين يمكن أن يعملا على ملاقاة الطفيل المفرط مع عائله. **أولهما** ان إناث تلك الطفيليات تبحث عن إناث الطفيل الأولى. فى التجارب المعملية على جهاز قياس الشم، إستجابت على سبيل المثال، إناث الطفيل المفرط *Alloxysta fuscicbrnis* إستجابة موجبة لإناث عائلها *Diaeretiella rapae*. تضمن مثل تلك الإستراتيجية وصول إناث الطفيل المفرط إلى مواقع بها مصادر متاحة للتطفل، لكن قد تواجه بمشكلة وصولها مبكرة جداً، إذ أن نسل الطفيل الأولى يكون مهيئاً للتطفل عليه خلال ٣-٤ أيام فقط بعد وضع البيض، ولذا فإن هذه الإستراتيجية فى السلوك السروحى للطفيليات المفرطة قد لا تكون ناجحة تماماً تحت الظروف الحقلية.

الإستراتيجية الثانية هى أن إناث الطفيليات المفرطة يمكن أن تبحث عن المواد المتطايره للعائل النباتى وتستخدمها، بالإضافة إلى وجود الندوة العسلية، كمعلومات متاحة عن تواجد عائلها بعد الوصول للمستعمرة. قد تحتاج أنثى الطفيل المفرط إلى معلومات إضافية عن نوع المن وعن وجود أفراد متطفل عليها. فعلى سبيل المثال، فقد سجل أن إناث الطفيل المفرط *Alloxysta pleuralis* تنجذب إلى مستخلصات العائل النباتى المفضل، وبعد الوصول إليه، تميز الإناث بين العوائل المتطفل عليها وغير المتطفل عليها بواسطة الملامسة بقرون الإستشعار وآلة وضع البيض. وربما تفسر مثل هذه الإستراتيجية بعض أبعاد التخصص العائلى. ومن أمثلة ذلك أن الطفيل الثانوى *Alloxysta castanea* يهاجم فقط طفيله الأولى *Praon volucre* المتطفل على من البرقوق الدقيقي *Hyalopterus pruni* المتواجد فقط على العائل النباتي الشتوي *Prunus spinosa* حيث يستجيب الطفيل المفرط فقط للمنبهات الصادرة من العائل النباتي بدليل أنها لا تهاجم الطفيل الأولى على العائل النباتى الصيفى (نباتات البوص Reeds) المصاب بنفس حشرة المن *H. pruni*.

على العكس من ذلك، فإن الطفيليات المفرطة الخارجية ectohyperparasitoids ذات المدى العوائلي الواسع قلما تستخدم أوتعتمد على المشعرات المتخصصة في بحثها طالما أن عوائلها يمكن أن تتواجد على العديد من العوائل النباتية. يستغل الطفيل الثانوى *Asaphes vulgaris* كيروموناً صادراً من الشرنقة الحريرية لطفيله الأولي من عائلة Aphidiidae بهدف الوصول إلى

عائله. أما الطفليات الأولية من عائلة Aphelinidae فهى أقل عرضة للتطفل الثانوى بطفيليات جنس *Asaphes* حيث لا تنتج يرقاتها حريراً تعذر بداخله، وبالتالى يغيب الكيرومون الذى يستغله الطفيل الثانوى فى الوصول إليه.

أما الطفيل المفرط واسع المدى العوائلى *Dendrocerus carpenteri* فإن إناثه لا تستجيب لأي من المنبهات سواء من العوائل الحشرية أو النباتية. كما أنها لا تستجيب لمختلف الألوان والأشكال لمومياوات المن بإستثناء مومياء الطفيل الأولي من النوع *Praon* sp. فهى تسرح بنفس الكفاءة أثناء النهار أو الليل ويمكن أن تتاثر فقط بدرجة قليلة بالآثار المتبقية للمبيدات الموجودة في المكان. الأكثر من هذا، فإن فترات إستقرارها لا تختلف معنوياً على نباتات ذات تراكيب متباينة خالية من مومياوات المن أو بين تلك النباتات التى تحمل أو لا تحمل مومياوات عليها. يكون السلوك البحثي لهذا الطفيل عشوائياً وربما يكون هذا السلوك العشوائي سياسة ناجحة في هذا الطفيل الذي يهاجم العديد من العوائل على العديد من العوائل النباتية في أوساط بيئية متباينة. يعرف هذا السلوك أيضاً فى بعض الطفيليات الأولية التى تهاجم عوائل حشرية أو أكاروسيه ذات مدى عوائلى واسع جداً.

وفي التجارب المعملية بإستخدام أطباق بتري، ربما يتغير السلوك البحثي للطيفل المفرط عند ملاقاته لطفيل أولي يبحث داخل مستعمرة من حشرات المن. وعلى العكس من ذلك، لم تغير إناث الطفيليات الأولية مثل *Aphidius funebris* وكذلك *L. cardui* من سلوكياتها عند ملاقاتها مع الطفيليات المفرطة *D. carpenteri* أو *Alloxysta brevis* السارحة بين مستعمرات المن على النباتات.

ومن المدهش أنه كان يعتقد أن سلوك أفراد المن المتطفل عليها وتركها لمستعمرة المن قبل التحول لمومياء mummification هو سلوك مستحث بواسطة الطفيل الأولي للعائل وذلك لتقليل مخاطر التطفل المفرط إذ تم التحول إلى مومياء داخل مستعمرة المن، إلا أنه قد وجد أن معظم الطفيليات الأولية تعانى من فرط التطفل المفرط بدرجة اقل داخل مستعمرات المن عنه خارجها الأمر الذى يحتاج إلى تفسير أكثر منطقية لهذا السلوك.

النمل والطفيليات المفرطة Ants and Hyperparasitoids

غالباً ما تقوم حشرات النمل الجامعة للندوة العسلية برعاية مستعمرات المن، مدافعة بذلك عن مصدر كربوهيدراتها ضد غزاة تلك المستعمرات. وكغيرها من عديد من الحشرات الأخرى،

فإن إناث الطفيليات المفرطة السارحة تهاجم بشدة وتقتل بواسطة شغالات النمل. يؤدى وجود النمل إلي إنخفاض معنوى فى نجاح انطفيليات المفرطة السارحة فى التطفل على عوائلها، مهيأة بذلك منطقه خالية من الأعداء free enemy space بالنسبة للطفيليات الأولية. هناك العديد من الإستراتيجيات لدى الطفيليات المفرطة للهروب من تحرش وهجوم حشرات النمل. فقد يكون لديها وسيلة دفاع كيميائية تمكن الأنواع من التجول بدرجة معقولة بين مستعمرات المن، فالطفيل المفرط *Asaphes brevis* يفرز إفرازات من غدة الفك العلوى تحتوي على 6-Methyl-5 hepten-2-one وكذلك Actinidin ومركب غير معروف من الـ Iridoids يجابه هجوم حشرات النمل من النوع *Lasius niger*. يستخدم هذا الإفراز كوسيلة للدفاع عن النفس عند القبض على أنثى الطفيل الثانوي بواسطة شغالات النمل، أو كمادة طاردة تمنع هجوم النمل عند المقابلة أثناء تجوال الإناث، وبذا يستطيع هذا الطفيل المفرط من التطفل على طفيله الأولي حتى في تواجد حشرات النمل.

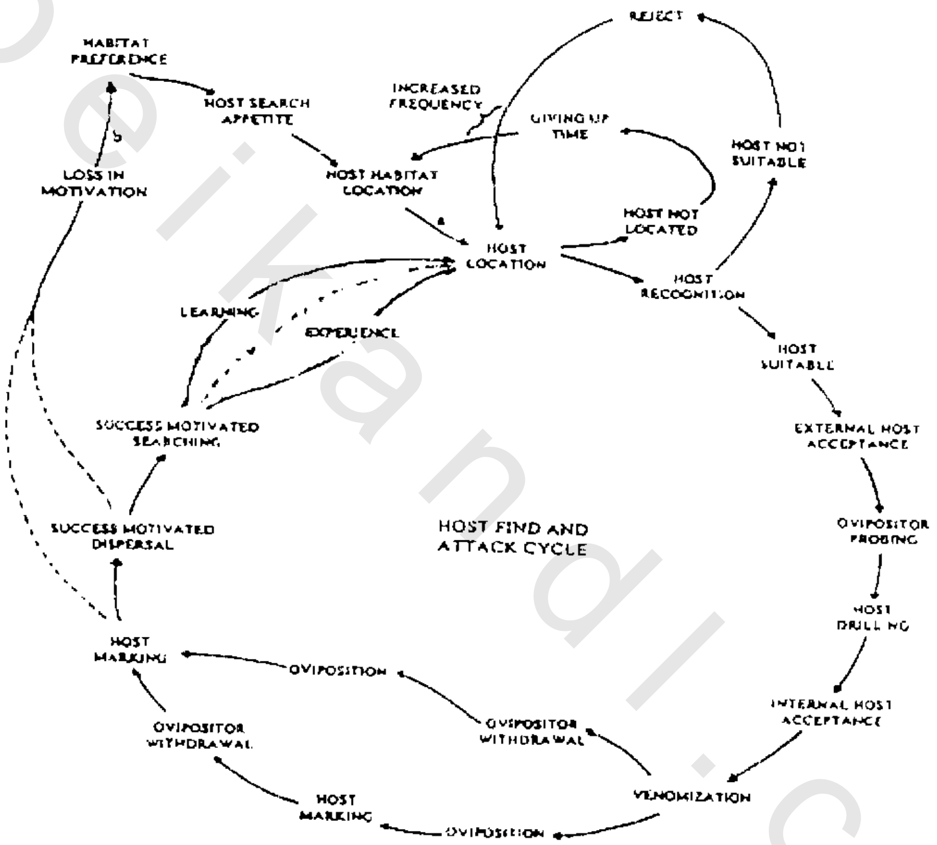
من الوسائل الأخرى للهروب هو الحركات السريعة والمرنة للطفيل الثانوى، كما فى الطفيل الثانوى *D. carpenteri* الذي يعتمد على المنبهات البصرية أساساً. تعتبر هذه الإستراتيجية ناجحة جداً بالنسبه لنوع النمل *Myrmica laevinodes*، ولكنها أقل فاعلية عند التعامل مع النوع *Lasius niger*. لكن يستطيع هذا الطفيل المفرط أن يغير سلوكه بعد مهاجمته من النمل من النوع *L. niger* إذ يكون قد تعرف على رائحته بعد الهجمه الأولى له ويبتعد عن أى إحتكاك معها فى الفترات اللاحقة ويفيد هذا التعلم الإبتعادى Avoidance learning أثناء النشاط الليلى لهذا النوع من الطفيليات المفرطة، حيث لا يستطيع الطفيل المفرط ولا النملة أن تستجيب للمنبهات البصرية تحت هذه الظروف.

ومن الوسائل الأخرى القدرة على القفز Jumping ability إذ يصعب مع هذه الحركة أن تتعرض لمخاطر الموت. ومن أمثلة تلك الطفيليات المفرطة التى تمتلك هذه القدرة *Syrphophagus aphidivorus* و *Bachyneuron aphidis*.

أخيراً يمكن القول بأن التقابل مع إناث انطفيليات الأولية لا يؤثر على الكفاءة البحثيه للطفيل الثانوى بقدر ما يؤثر عليه النمل الحامى للمن مانعاً إياه من السروح بنجاح.

الخلاصة Conclusion

تمر الطفيليات والمفترسات الحشرية فى سلسلة من الخطوات الفرضية للوصول للعائل ونجاح التطفل أو الإفتراس (شكل ٧:٥). هذه الخطوات هى ملاقاة وسط الإنتشار العام habiat location ووسط إنتشار العائل host habitat location، ملاقاة العائل، وقبول العائل، وصلاحية العائل، وأخيراً التنظيم الفسيولوجى للعائل ليلائم نمو الطفيل. يستخدمَ العدو الحيوى الناجح، فى كل خطوة من هذه الخطوات، مجموعة من المنبهات والمشعرات الكيميائية والطبيعية لإنهاء مهمته بنجاح. يمكن تقسيم مجموعة المنبهات أو الدلائل المستخدمة فى عملية البحث عن العائل وملاقاته وكذلك التطفل الناجح إلى:-



شكل (٧:٥) دورة الهجوم على العائل بواسطة الطفيليات الحشرية (فينسون Vinson، ١٩٩٨)

١- **المجموعة الأولى:** وهى مجموعة من المركبات الكيميائية المتطايرة volatile chemicals وهى مواد جاذبة attractants للأعداء الطبيعية من مسافة طويلة نسبياً، ويمكن تقسيم منبهات هذه المجموعة إلى تحت مجموعتين هما:-

أ- مجموعة المركبات المتطايرة التى تخرج من العائل النباتى green leafy volatiles والتى تجذب حشرة معينة دون الأخرى، وتكون هذه المركبات مميزة لعائل نباتى دون الأخر.

ب- مجموعة من المركبات المتطايرة التى تخرج من العائل النباتى نتيجة الإصابة أو الهجوم بواسطة الحشرات العاشبة (آكلة العشب)، وفى مثل هذه الحالات لا يتم إفراز تلك المركبات إلا فى وجود الحشرات العاشبة فقط.

٢- **المجموعة الثانية:** بمجرد ملاقاة الطفيل لوسط الإنتشار نتيجة للإستجابة للمشعرات التابعة للمجموعة الأولى، فإنه لابد لتلك الطفيليات من تتبع العائل وذلك عن طريق دلائل ومنبهات المجموعة الثانية. تشتمل هذه المجموعة على مركبات ومنبهات تؤدى إلى تغير سلوك العدو الحيوى وذلك بالإنتقال المباشر من مكان لآخر إما مشياً أو طيراناً. وعموماً فإن مركبات هذه المجموعة تكون أقل تطايراً slightly volatiles، وتتضمن أيضاً الإهتزاز، والحركة، والمنبهات السمعية والبصرية. جدير بالذكر أنه فى حالة فشل الطفيل فى الإستجابة لمحفزات هذه المجموعة، فإنه يترك المكان ويكون أقل إستجابة لمنبهات المجموعة الأخرى أيضاً. على العكس من ذلك، فى حالة نجاح الطفيل فى الإستجابة لتلك المنبهات والمحفزات ثم ملاقاة العائل، فإن الأنثى سوف تكون مؤهلة للبقاء والاستمرار فى البحث لفترة زمنية محددة يتحكم فيها الخبرة، ومعدل ملاقاة العائل، والعوائل المعلمة marked hosts، وطبيعة المادة الموضوع عليها العائل substrate وكذلك التغير فى تركيز تلك المنبهات أو المحفزات. قد تنشأ منبهات هذه المجموعة من الملتجأ shelter الذى تصنعه الحشرة لنفسها، والفضلات والبراز frass and waste products، والإفرازات الدفاعية defense secretions، والإفرازات المرتبطة بتغذية الحشرات العاشبة على العائل. أخيراً، جدير بالذكر أن ننوه أن هذه المجموعة لا تعتبر جاذبات attractants مثل المجموعة الأولى ولكنها قادرة على القبض على العدو الحيوى فى الأماكن الملوثة بتلك المواد مما يؤدى إلى ظهور كلاً من الإستجابات الـOrthokinetic & Klinokinetic responses. ولذا يمكن أن نطلق عليها منبهات البحث أو الإستبقاء arrestants or searching stimulants. عموماً فإن التحدى التالي هو قدرة الأنثى على تعرفها على العائل بعد ملاقاته. على ذلك فإن المشعرات المستخدمة هنا تكون غالباً غير متطايرة، أو قد تكون عوامل طبيعية مختلفة مثل الشكل، الحركة، والقوام.

٣- **المجموعة الثالثة:** غالباً ما يستخدم خليط من المنبهات التابعة لهذه المجموعة فى التعرف على العائل host recognition. تحث هذه المجموعة الطفيل على الفحص المكثف بقرون إستشعارها intensive antennal examination للعائل خاصة إذا كان العائل غير متحرك. عند الفرض بأن العائل الذى تم ملاقاته هو عائل صالح ومناسب بناء على الفحص الخارجى، هنا توقف الأنثى الفحص بقرون الإستشعار نهائياً وتبدأ فى إستخدام آلة وضع البيض فى وخز غطاء العائل وجدار الجسم. تكون عملية إختراق آلة وضع البيض لجدار الجسم عملية طويلة نسبياً فى العوائل الساكنة عند مقارنتها بالإختراق فى العوائل المتحركة.

٤- **المجموعة الرابعة:** بعد التأكد من تحديد صلاحية العائل يبقى التحدي الهام أمام الطفيل وهو تحديد المكان الأمثل لغرز آلة وضع البيض عند عملية وضع البيض. يتم تنفيذ هذه العملية من خلال المستقبلات الكيميائية والحسية الموجودة على طرف آلة وضع البيض والتى تستقبل المنبهات التابعة لهذه المجموعة. تكون منبهات هذه المجموعة غالباً هى مركبات كيميائية قابلة للذوبان فى الماء. بناء على حالة المنبهات والمشعرات الداخلية للعائل، فإن وجود المنبهات المفضلة وغياب المواد الطاردة مثل السموم والإفرازات التى تترك قبل وضع البيض داخل العائل مباشرة (فى حالة التطفل المسبق للعائل)، تدفع الطفيليات لوضع البيض، ثم تقوم بعد ذلك بتعليم العائل. هناك رأى آخر وهو أن آلة وضع البيض لها القدرة على الإحساس ورصد التغيرات فى كيمياء العائل المتطفل عليه نتيجة لوجود سموم أو فيرومونات التعليم.

بالنسبة لطفيليات البيض وطفيليات اليرقات الداخلية، فإن عملية وضع البيض تأتى غالباً بعد تسميم العائل host venomization، أما فى حالة الطفيليات الخارجية فإنه عقب عملية شل حركة العائل (التخدير) يتم سحب آلة وضع البيض وذلك تمهيداً لوضع البيض لاحقاً. لسوء الحظ فإن هناك الكثير من الخلفيات والمعلومات المرتبطة بعملية تعليم العائل غير معروفة بدقة. هناك تعليم داخلى وتعليم خارجى internal and external marking. بإستثناء التعليم الخارجى والذي يعتبر واضح جداً فى كثير من الحالات، فإن ميكانيكية التعليم الداخلي وهل هو ناتج من التسميم فقط أو من مواد أخرى تطلقها الأنثى بالعائل أثناء أو بعد وضع البيض فغير معروفة بدقة.

بمجرد وضع البيض وتعليم العائل، تترك الأنثى العائل المتطفل عليه وتبدأ فى الإنتشار وهو ما يعرف بالإنتشار أو البحث الناجح المحفز Success Motivated Dispersal or Success Motivated Searching (SMD or SMS) وهى صفة عامة فى كل الطفيليات الإنفرادية التى تهاجم

العوائل المشتتة أو المنتشرة بوسط الإنتشار (غير متجمعة)، وقد ينطبق ذلك أيضاً على الطفيليات التي تتطفل على العوائل المتجمعة مثل كتل البيض حيث بمجرد سحب آلة وضع البيض من البيضة - يتم دفعها في بيضة أخرى داخل نفس الكتله وهكذا. في الطفيليات الجماعية، فإنها أحياناً تضع أكثر من بيضة في الغرسة أو الوقفة الواحدة ovipositional bout بحيث لا يتم سحبها ودفعها مرة أخرى في نفس العائل حيث أن ذلك بلا شك قد يؤدي إلى موت العائل أثناء التطفل. يتبع هذا الإنتشار الإيجابي الناتج من نجاح الإعتماد على منبهات معينة خلال مرحلة معينة وهو كما سبق يعرف بـ SMD or SMS تطمير grooming، وتنظيف الجسم preening، والذي غالباً ما يتم بقرون الإستشعار والأرجل أو آلة وضع البيض. ربما يعقب الإنتشار الناجح تطفل ناجح آخر وهكذا وهذا يعتمد على مجموعة العوامل الفسيولوجية والخارجية والتي تم مناقشتها بالتفصيل في مقدمة هذا الباب. عموماً فإن الطفيليات التي لديها حمل معين من البيض الناضج ربما يتم التخلص منه من خلال التطفل المتتابع على العائل قبل الإستراحة أو الإنتشار للبحث عن الغذاء. أطلق على هذه الدورة إسم دورة إختيار العائل host selection cycle أو دورة الوصول والهجوم على العائل find & attack cycle (شكل ٧:٥)، وعلى العكس من ذلك، فإن بعض أنواع الطفيليات تضع بيضة أو بيضتين على الأكثر ... ثم تبدأ في الدوران والتغذية ثم الإستراحة ثم تعيد الدورة مرة أخرى وهكذا.

٢ – دفاعات العائل ضد الأطوار غير الكاملة والكاملة للطفيليات ورد فعل هذه الطفيليات

دفاع العائل ضد الأطوار غير الكاملة للطفيل

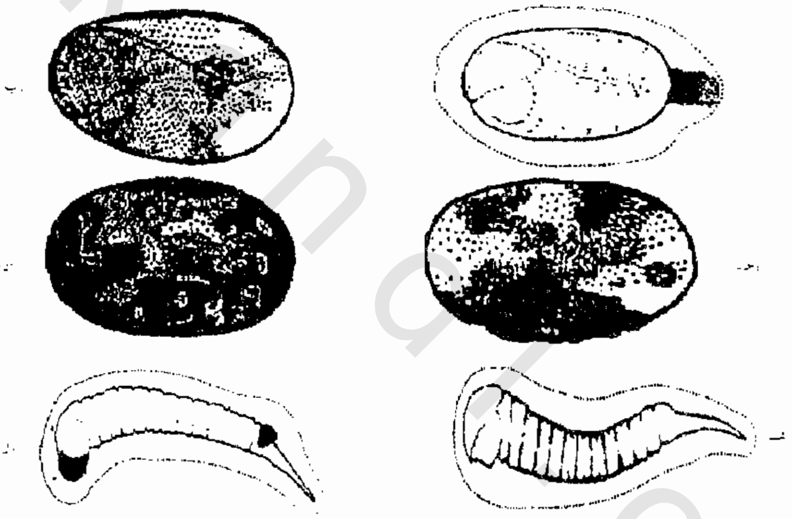
يعتبر تجنب إكتشاف العائل بواسطة الطفيل هو الخط الدفاعى الأول لـه، وعندما يفشل العائل فى هذا، فقد يكون من الممكن مجابهة الطفيل قبل أن توضع البيضة. سوف يُناقش دفاعات العائل ضد الحشرات الكاملة للطفيل في موضوع لاحق. بالنسبة للعوائل التى تُقتل أو تُشل شللاً كاملاً أثناء وضع البيض، يكون منع هجوم الطفيل هو الدفاع الأوحد، أما فى حالة أنواع الطفيليات الأخرى التى لا تقتل عوائلها أو يكون الشلل مؤقتاً koinobionts، يستعيد العائل نشاطه ويستمر فى التغذية فى الوقت الذى يكمل فيه الطفيل نموه إلى أن يميته فى النهاية بعد إكتمال نموه. تكون العوائل التى تعانى من هذا النوع من التطفل قادرة على إهلاك الطفيل قبل أن يحدث ضرراً دائماً لها. تكون الغالبية العظمى من تلك الطفيليات داخلية التطفل، وتكون ميكانيكية الدفاع الرئيسية من خلال المناعة الخلوية التى يطلق عليها التكبسل، إضافة إلى دفاعات أخرى سلوكية behavioral أو إنتحارية suicide.

١)– التكبسل Encapsulation

يعرف التكبسل (التحوصل) على أنه ميكانيكية دفاعية شائعة الإنتشار تظهرها كثير من العوائل الحشرية عند تعرضها للهجوم من قبل الطفيليات أو أي كائنات أخري غريبة. هناك إتجاهات كثيرة لردود فعل العائل الدفاعية، لكن أكثرها شيوعاً هو ما يعرف بالتكبسل الخلوى cellular encapsulation، وفيه يحاط الجسم الغريب بغطاء عديد الخلايا يتكون من خلايا دم العائل وصبغة الميلانين melanin pigment. غالباً ما تتحول هذه الطبقات المتتالية من الخلايا المُميزة والملاصقة للطفيل إلى طبقه متنكرزة necrotic من خلايا ميلانينية ممثلة لبقايا خلايا الدم التى بدأ بها رد الفعل التكبسلى وغالباً ما تهيىء المترسبات الميلانينية على أسطح بيض ويرقات الطفيليات الإشارة الأولى first clue فى حدوث التكبسل (شكل ٨:٥)، وغالباً ما يحدث تكوين للميلانين أثناء عملية الأكسدة أو البلمرة polymerization للمركبات الفينولية مثل التيروسين أو الدوبا dopa بواسطة إنزيم الفينول أوكسيديز Phenoloxidase. تتكون الكبسولة من العديد من أنواع خلايا الدم ولكن من أكثر الأنواع مساهمة فى عملية التكبسل هى خلايا الدم الأولية prohemocytes والخلايا البلازمية plasmatocytes، والخلايا الشبيهة بخلايا الإينوسايت oenocytoids، وأيضا الخلايا الكرية spherule cells والخلايا الشبيهة بخلايا التجلط thrombocytoides وخلايا الدم المحببة granular hemocytes والخلايا الصفائحية lamellocytes. تختلف نسب هذه الخلايا في الكبسولة كما أن وظيفة كل نوع من هذه الخلايا مختلفة عن بعضها. وجدير بالذكر أنه طالما أن عملية التكبسل هي عملية مرتبطة بخلايا الدم فعلى ذلك تكون هذه العملية مرتبطة فقط بالطفيليات الداخلية وليست الخارجية. تستغرق عملية رد الفعل الكلية من ١-٣ يوماً.

هناك نوع آخر من الكبسلة وهى الكبسلة الغلافية humoral (sheath) encapsulation والتى يستلزم حدوثها تكوين كبسولة ميلاننية melanotic حول الطفيل دون مساهمة مباشرة من خلايا الدم. تحدث هذه العملية بسرعة فى خلال دقائق ويمكن أن تكون عالية الفعالية ضد الفطريات والنيماتودا والبكتريا.

غالبا ما يؤدى تكوين الكبسولة حول الأطوار غير الكاملة للطفيل إلى موتها بواسطة الإختناق suffocation ولو أن حرمانها من الغذاء قد يكون هو السبب الرئيسى للموت فى بعض الحالات. ومن الأهمية القصوى إكتمال تكوين الكبسولة حول هذه الأطوار غير الكاملة من جميع الجهات حيث ثبت علميا أن الطفيليات المتكبسلة جزئياً قد إستطاعت أن تكمل نموها بنجاح وتصل إلى طور الحشرة الكاملة.



شكل (٥:٨): تكبسل encapsulation وترسيب صبغة الميلانين melanization للطفيل *Ventura canscens* داخل حشرة ليست بعائله Non-host insect : (أ - د) لبيض الطفيل، (هـ - و) ليرقات الطفيل (سولت Salt ، ١٩٧٠)

ذكر كثير من الباحثين أن درجة حساسية الطفيليات وإستجاباتها للتكبسل هي عملية متغيرة مع الزمن ويستطيع الطفيل إكتساب صفة المقاومة لتلك العملية نتيجة للإنتخاب الطبيعي natural selection وقد ثبت بالبراهين العملية أن عملية التكبسل منتشرة في معظم العوائل الحشرية خاصة في عائلات Pseudococcidae, Diaspididae. Coccidae.

العوامل المؤثرة فى التكبسل Factors affecting encapsulation

أ- نوع العائل الحشرى ونوع الطفيل Host and parasitoid species

هناك العديد من النتائج التي تؤكد أن عملية التكبسل تعتمد على نوع العائل ونوع الطفيل. ففي عائلة Coccidae وجد أن هناك ثلاث طفيليات هي *Metaphycus flavus, M. helvolus, M. swirski* تتعرض للتكبسل بنسب مختلفة فى نوعين مختلفين من الحشرات القشرية من جنس *Saissetia*. ففي النوع *S. coffeae* تراوحت هذه النسبة بين ٦٤- ٧٥%، بينما فى النوع *S. oleae* لم تتعد النسبة ١% تحت نفس الظروف التربية. أما في عائلة Diaspididae فقد وصلت نسبة التكبسل للأطوار غير الكاملة للطفيل (Encyrtidae) *Comperiella bifasciata* في الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii* إلى ٥٩%، بينما معظم بيض نفس الطفيل الذي وضع داخل حشرة *A. citrina* قد نمى طبيعياً ووصل لطور الحشرة الكاملة.

كذلك وجد أن بعض أنواع البق الدقيقي تُظهر درجات متفاوتة من التكبسل ضد الأنواع المختلفة من الطفيليات الحشرية. على سبيل المثال وجد أن النوع *Pseudococcus caleolariae* والنوع *Planococcus citri* وبق العنب الدتقيقي *Pseudococcus matrtimus* أظهرت درجات مختلفة من التكبسل ضد الطفيل *Coccophagous gurneyi* بينما كان لهذه العوائل الثلاث ردود فعل متساوية ضد الطفيل (Aphelinidae) *Leptomostix decatylopii*.

قد يكون هناك إختلافات جوهرية فى قدرة العشائر المختلفة لنوع واحد على إحداث التكبسل. فعلى سبيل المثال، هناك إختلافات واضحة بين عشائر ذبابة الدروسوفلا من مناطق مختلفة من العالم فى معدلات إحداث التكبسل بالنسبة للطفيل *Leptopilina boulardi*، ومثل هذه التأثيرات تعتبر من المعايير الهامة عند التخطيط فى إطلاق عناصر المكافحة البيولوجية.

يمكن أن تحدد قدرة الطفيل فى الإبتعاد عن التكبسل – ولوجزيئياً- المدى العوائلى للطفيل فى الطبيعة. وربما تلعب الإختلافات فى نسب موت الطفيل بالتكبسل فى العوائل المختلفة دوراً هاماً فى تطور التخصص العائلى بما فى ذلك تفضيل الطفيل لعائل معين. لوحظ أن تسيد الطفيل

الداخلى الإنفرادى *Diadegma armillata* (Ichneumonidae) ضمن مجموعة الطفيليات التى تتطفل على يرقات جنس *Yponomeuta* تتفاوت بين أنواع هذا الجنس. إذ يكون سائداً بين أقرانه فى حالة التطفل على النوع *Y. evonymellus*، ويتواجد بنسبة منخفضة جداً فى حالة التطفل على النوع *Y. cagnagellus*.

ب- العمر الفسيولوجي للعائل Physiological age of the host

تختلف قدرة العائل الحشرى على كبسلة الطفيل باختلاف العمر الفسيولوجي له . ففى العديد من الطفيليات تزداد نسبة التكبسل فى الأعمار المتقدمة من العائل مقارنة بأعماره المبكرة، وقد عزى هذا إلى العدد الكبير من الخلايا الدموية الجاهزة لرد الفعل فى الأعمار المتقدمة. وفى هذا الخصوص خلص العالم سولت Salt عام ١٩٧٠ إلى أن الميزة الحقيقية للهجوم المبكر هى أنها تمكن ذرية الطفيل من أن تصبح مقبولة بواسطة خلايا دم العائل قبل إحتمال حدوث رد فعل دفاعى عنيف من جانب العائل. وجد أن يرقات العمر الأول لدودة كيزان الذرة *Heliothis zea* لها قدرة تكبسل ضعيفة ضد الطفيل *Cardiochiles nigriceps*. وقد عزى هذا – كما سبق ذكره – إلى عدم وجود العدد الكافي من الخلايا الدموية اللازمة لذلك، أو إلى عدم وجود الأنزيم بالتركيز الكافي لهدم وتحطيم الخلايا الحامية للبيضة، أو إلى عدم كفاية عوامل التعرف. وفى عائلة Diaspididae وجد أن معدل التكبسل في حشرة *Aonidiella aurantii* ضد الطفيل *Comperilla bifasciata* كان أعلى مرتين في الحشرات الكاملة مقارنة بالعمر الحوري الثاني. وعلى العكس من ذلك، فقد وجد أن التكبسل ضد بيض الطفيل *Habrolepis rouxi* (Encyrtidae) في العائل *A. aurantii* لم يتأثر مطلقاً بالعمر الفسيولوجي للعائل. أيضاً وجد أن الحشرات الكاملة لبق الكسافا الدقيقي *Phenococcus herreni* لم تكن بالكفاءة العالية في كبسلة الأطوار غير الكاملة للطفيل *Apoanagyrus diversicornis* مقارنة بالعمر الحوري الثاني. هذا ويفتقر بيض الحشرات إلى الدفاع الخلوى ضد الأجسام الغريبة.

ج- منشأ العائل (السلالة) Origin of the host (strain)

تظهر السلالات الجغرافية لنوع معين من الحشرات درجات متفاوتة من القدرة على كبسلة طفيلياتها الداخلية. وقد يظهر فرد معين داخل جمهور آفه معينة قدرة مختلفة على كبسلة سلالات مختلفة لنفس الطفيل. سجلت إختلافات معنوية فى حدوث كبسلة للطفيل *Bathyplectes curculionis* (Ichnuemonidae) فى ثلاثة سلالات من النوع *Hypera postica* (Curculionidae)، وهذا يوضح أهمية بحث التوافق بين سلالات العائل وطفيلياتها لتطوير إستراتيجيات ذات صدى عميق فى

مجال المكافحة البيولوجية. كذلك وجد في عائلة Coccidae أن هناك معدلات مختلفة من القدرة على كبسلة بيض الطفيل *Metaphycus helvolus* المتطفل على الحشرة الرخوة *Coccus hesperidium* فكانت النسبة من ٧١-٧٤% في إسرائيل و بين ٩٣-١٠٠% في كاليفورنيا. أيضاً من الغريب أن نسبة التكبسل في إسرائيل ضد الطفيل *M. swirski* المتطفل على نفس الحشرة السابقة بلغت ١٠٠% على الرغم من إستيراد نفس الطفيل لمكافحة نفس الآفة في اليونان والتي لم يتم فيها تسجيل أي حالة تكبسل. ربما يفسر ذلك فقط من خلال وجود سلالات بيولوجية من الطفيل تستطيع الموائمة مع العائل. أيضاً من الغريب أن الطفيل *Encyrtus lecaniorum* (Encyrtidae) المأخوذ أصلاً من حشرة *C. hesperidium* في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط ينتج ذرية تصل إلى ٩٨% من نفس العائل في تكساس ولكن ينتج فقط ٢% من نسله من نفس العائل في كاليفورنيا. أما في حشرة الدروسوفيلا *Drosophila melanogater* فقد ظهر إختلافات واضحة في القدرة على كبسلة الطفيل *Leptopilina boulardi* في السلالات المختلفة لها في العالم. أما في عائلة Diaspididae فقد سجل أن الحشرة القشرية الحمراء *A. aurantii* كانت منيعة ضد الطفيليات المستوردة لمكافحتها. من الجدير بالذكر أن هذا التباين في القدرة التكبسلية بين السلالات له أهمية عند التخطيط لإطلاق الطفيليات الحشرية كما سبق ذكره.

د- الحالة الفسيولوجية للعائل Physiological condition of the host

تعتبر صحة وقوة ونشاط العائل من ضمن العديد من العوامل التي تؤثر على رد الفعل التكبسلي بواسطة الحشرات العائلة. على سبيل المثال، وجد أن المعاملات المختلفة المبنية على الإضعاف المتعمد للحشرة مثل التعريض لدرجات الحرارة العالية قبل التطفل يقلل بوضوح من قدرتها على إحداث التكبسل، وقد إتضح هذا بالنسبة لبيض الطفيل *Metaphycus swirski* الموضوع في الحشرتين القشريتين *C. hesperidium* و *S. coffeae*، إذ وجد أن تعريض الحشرتين لدرجة حرارة ٤٠°م لمدة ٢٤ ساعة قبل تعريضها للتطفل تسببت في إنخفاض قدرتها التكبسلية من ١٠٠% إلى ١١.٨% في العائل الأول، ومن ٨٣,٨% إلى ٦% فقط في العائل الثاني. وجد أيضاً أن هذا الإنخفاض في كبسلة الطفيل يتأثر بالعمر الفسيولوجي للعائل *C. hesperidium* فيصل إلى أعلى معدله (١٠٠%) في العمر الحوري وإلى أقل معدله (٦٩%) في الإناث المنتجة reproductive females. سجلت نفس الحالة أيضاً بالنسبة للطفيل *Encyrtus infelix* (Encyrtidae) المتطفل على الحشرة القشرية *Protopulvinaria pyriformis* إذ إنخفضت معدلات التكبسل إلى ٣٤% مقارنة بالكنترول (٩٠-١٠٠%) بسبب تعرض العائل لدرجة الحرارة العالية (٤٠°م). هذا

وقد لوحظ أيضاً عدم حدوث أى كبسلة لبيض الطفيل *M. swirski* الموضوع فى الحشرة القشرية *C. hesperidium* التى أضعفت بتطفل سابق بالطفيل *Coccophagus* sp. لم يدرس إمكانية إكتمال نمو هذا الطفيل فى العائل الذى سبق التطفل عليه. يمكن إضعاف قدرة العائل إيضاً على إحداث الكبسلة بإزاحته من العائل النباتى ووضعه على شريحة زجاجية مثلاً أو بنزع ورقة العائل النباتى من النبات نفسه قبل تعريض العائل للطفيل.

هناك العديد من المعلومات المتوفرة عن خفض رد انفعل الدموى فى حشرات المن، ويرقات حرشفية الأجنحة، ويرقات الخنافس عن طريق تغيير مكونات الغذاء، والمعاملة بكيميائيات معينة، والتجويع على الترتيب.

هـ - التطفل المتزايد Superparasitoidism

من المعروف أنه كلما زاد عدد الطفيليات داخل الفرد من العائل من خلال التطفل المتزايد، كلما قلت قدرته على كبسلة الطفيل وقلت معه شدة التكبسل. وقد عزى هذا الأمر إلى ضعف العائل وعدم قدرته على الإمداد بالخلايا الدموية اللازمة كنتيجة لعبء التطفل المتزايد. ذكر العديد من العلماء أنه ربما يلجأ كثير من الطفيليات إلى التطفل المتزايد للتغلب على ظاهرة التكبسل أو التغلب على الجهاز المناعي أو الدفاعي للعائل. وطالما أن التكبسل فى العائل المتطفل عليه تطفلاً متزايداً لا يؤثر على كل بيض الطفيل، فإنه يمكن أن تتجنب بيضة واحدة أو أكثر رد فعل العائل وتنمو طبيعياً. هذه الظاهرة التى تكون فى صالح الطفيل أكثر من العائل تقلل من كفاءة التكبسل كميكانيكية لمقاومة العائل. لذلك فإنه عند تقييم تأثير التكبسل على كفاءة طفيل جماعى، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار عدد العوائل المتطفل عليها والتى فيها يمنع التكبسل نمو الطفيل كلية (أى تكبسل فعال efficient encapsulation). ذكر، على سبيل المثال، أن معدل التكبسل الفعال للطفيل *Encyrtus lecaniorum* داخل عائله *C. hesperidium* عند مستوى تطفل متزايد قدره ٨٤% إنخفضت معنوياً إلى ٤,٩% مقارنة بنسبة ٩٥,٨% فى حالة الطفيل الإنفرادي. وكنتيجة لذلك كان ظهور قشور العائل المحتوية على طفيليات نامية عالية بدرجة كبيرة (٩٥,١%) فى العوائل المتطفل عليها تزايدياً مقارنة بتلك المتطفل عليها إنفرادياً (٤,٢%). هذا وقد وجد أن السلالة الكاليفورنية من الطفيل *Comperiella bifasciata* تضع العديد من البيض داخل العائل *A. aurantii* فى الزيارة الواحدة مقارنة بالسلالة الإسرائيلية من نفس الطفيل وعلى هذا فقد أعتقد أن التطفل المتزايد ربما يحدث كنتيجة للتكيف مع ظاهرة التكبسل فى العائل الحشري أو نتيجة للإستفادة والتعلم من زيادة التكبسل ضد البيض الإنفرادي من نفس الطفيل داخل نفس العائل.

وجد في الطفيل *Microplitis rufiventris*، الذى يفضل التطفل على العمر اليرقي الثالث لدودة ورق القطن *Spodoptera littoralis*، حدوث كبسلة لكل البيض الموضوع في يرقات العمر السادس لنفس العائل ولا يحدث فقس على الإطلاق. لكن عند التطفل على العمر اليرقى السادس تزايدياً، فإن بيض الطفيل يفقس وينمو إلى يرقات وعذارى ولكن لم يحدث خروج للحشرات الكاملة على الإطلاق.

و- الحرارة Temperature

في بعض الأنواع الطفيلية، لا تؤثر درجة الحرارة التى ربى عليها العائل في معدل حدوث عملية التكبسل كما في حالة الطفيل *Haprolepis rouxi* الذى يتطفل على الحشرة القشرة الحمراء *Aonidiella aurantii*، والطفيل *Bathyplectes curculionis* الذى يتطفل على سوسة أوراق البرسيم *Hypera pastica*. بينما في البعض الآخر يكون لدرجة الحرارة تأثير واضح على حدوث معدل التكبسل كما في حالة الطفيل *Apoanagyrus diversicornis* الذى يتطفل على الحشرة القشرية الرخوة *Pseudococcus herreni*، والطفيل *Metaphycus stanleyi* الذى يتطفل على الحشرة القشرية الرخوة *Coccus hesperidium*. في الطفيل الأول يكون معدل التكبسل في أعلى مستوياته عند درجة الحرارة المنخفضة (٢٥°م) عنه عند درجة الحرارة الأعلى (٣٠ °م)، أما في حالة الطفيل الثانى فيزداد معدل التكبسل مع إرتفاع درجة الحرارة من ٢٧ °م إلى ٣٣°م. ولذا فمن المتوقع حدوث تفاوت في معدل الكبسلة من موسم لآخر ومن موقع جغرافى إلى آخر.

ز- العائل النباتي Host plant

قد يكون للعائل النباتي الذى ينمو عليه العائل الحشرى تأثير في إختلاف معدل التكبسل لطفيل معين في نوع معين من العوائل الحشرية. فعلى سبيل المثال تزداد نسبة تكبسل بيض الطفيل *Metaphycus stanleyi* المتطفل على الحشرة القشرية *Protopulvinaria pyriformis* عند تواجدها على نوعى النبات *Headra helix* و *Schefflera arboricola* أكثر من تلك على نبات الأفوكادو. وقد سجل نفس الشيء أيضاً بالنسبة للبق الدقيقى*pseudococcus affinis* الذى يكبسل نسبة أعلى من بيض الطفيل *Anagyrus pseudocci* عندما يتواجد على نبات *Aeschynanthus ellipticus* عما إذا تواجد على نبات *Streptocarpus hybridus*. هذا وقد عزى الفشل المتكرر لإستيراد وأقلمة طفيليات الحشرة القشرية الحمراء المستوردة من الشرق في كاليفورنيا إلى مناعة الحشرة القشرية المستحثة بواسطة العائل النباتي. وجد أن شجر النخيل من النوع *Cycas revoluta* ينقل المناعة للحشرة القشرية الحمراء ضد السلالة اليابانية من الطفيليات *C. bifasciata* و *H. rouxi*

و *Pteroptrix chinersis* حيث كانت درجة المناعة فى هذه الحالات مختلفة تصل من ٥٠% فى *C. bifasciata* إلى أكثر من ٩٠% فى *H. rouxi* ، وقد عزيت هذه المقاومة إلى القدرة العالية على كبسلة بيض مثل تلك الطفيليات.

تأثير التكبسل فى المكافحة البيولوجية Effect of encapsulation on biological control

مما لا شك فيه أن عملية التكبسل ضد الأطوار غير الكاملة للطفيليات الداخلية لها بالغ الأثر السلبي على نشاطها ومن هذه الآثار السلبية نوجز الآتي:

ا – تكبسل الأطوار غير الكاملة للطفيليات الداخلية يقلل من نسبة التطفل فى الطبيعة وبالتالي يقلل من فرص الضبط البيولوجي لجماهير الآفات الحشرية بواسطة طفيلياتها الحشرية مما يزيد من فرص حدوث فورانات لتلك الآفات.

ب – نتيجة لزيادة عملية التكبسل ضد الأطوار غير الكاملة للطفيليات فإن فرصة توطين وإستقرار الطفيليات المستوردة تكون منخفضة للغاية مما يقلل من فرص نجاح هذه الطفيليات ضد الآفة المستهدفة.

ج – قد يزيد التكبسل ضد طفيل معين من فرصة إحلاله displacement بواسطة طفيل آخر قد يكون أقل كفاءة ونشاطاً ضد هذه الآفة مما يقلل من فرص نجاح المكافحة البيولوجية.

د– قد نعيق معدلات التكبسل العالية من التربية الكمية للعدو الحيوى تحت الظروف المعملية.

٢)- دفاعات سلوكية ضد الأطوار المبكرة للطفيل

فى حالات قليلة، يكون العائل الحشرى قادراً على الدفاع عن نفسه ضد التطفل بإزالة بيض الطفيل. يضع الطفيل التاكينيدى *Winthemia quadripustulata* بيضه على الحلقة الصدرية الأخيرة لعائله *Cirphis unipuncter* (Noctuidae)، إذ وجد أن البيض الموضوع على حلقات خلفية أبعد من ذلك يتم تطميرها (إزاحتها) بواسطة يرقات العائل. تستطيع عديد من العوائل التى تُهاجم بواسطة يرقات العمر اليرقى الأول لذبابة التاكينا الطفيلية أن تهلك اليرقات البلانيدية planidial larvae عند محاولتها إختراق جدر أجسامها، ولو أن الغالبية العظمى منها لا تُظهر أى إستياء أو عدم راحة أثناء الفترة التى تخترق فيها يرقات الطفيل أجسامها. فى أعداد قليلة من طفيليات عائلة Ichneumonidae، التى تضع بيضها خارجياً على العائل، تضع بيضها بعيداً عن متناول الفكوك العلوية ليرقات العائل. سجل أيضاً أن سوسة براعم القطن *Anthonomus grandis* يمكنها أن تزيل

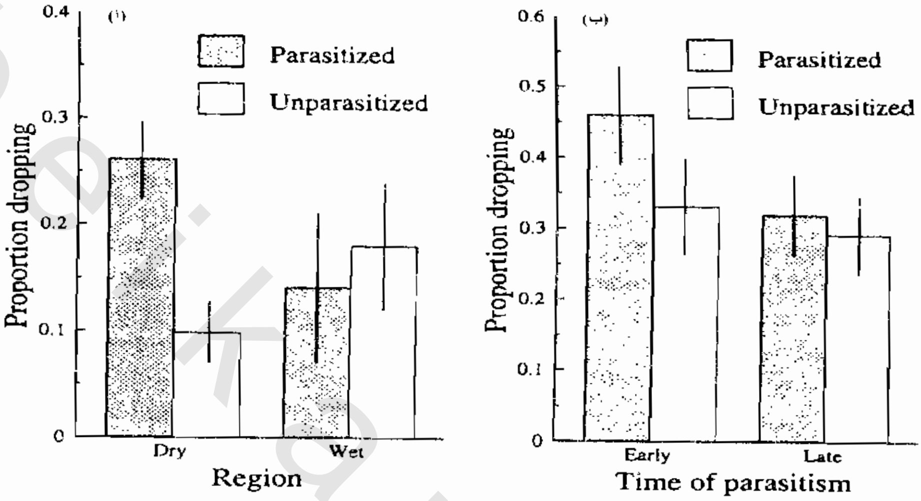
بيض طفيلها البراكونيدى الخارجى التطفل *Bracon mellitor*. هذا ويمتلك بيض طفيليات تحت عائلة Tryphoninae (Ichneumonidae) هلباً anehor محكماً يمكنها من أن تتغلب على محاولات العائل النشطة فى التخلص من طفيلياته، وكذا فى المحافظة فى البقاء على العائل عقب إنسلاخه.

٣) - الإنتحار suicide

عند مهاجمة عائل ما بواسطة طفيل ما، وكان غير قادر على الإتيان بوسيلة دفاع فسيولوجية أو سلوكية، فيكون هذا هو قدره ولا يستطيع تمرير أى جينات له إلى أجيال مستقبلية (الإستثناء الوحيد لذلك يكون للعوائل التى تهاجم فى أطوارها الكاملة، أو كحوريات تامة النمو والتى يمكنها أن تتزاوج أو تنتج نسلاً قبل الموت). لكن قد يؤدى الإنتخاب إلى أن يُقدم فرد من العائل على الإنتحار، وبموت الطفيل الموجود بداخله تُحمى أفراد النوع وعشيرته، وبذا يقدم هذا الفرد من العائل خدمة فى سبيل الصالح العام لأشقائه.

من أحدث الدراسات التى أجريت على إنتحار العائل هو ما يخص مَنْ الفاصوليا *Acyrthosiphon pisum* وطفيله البراكونيدى *Aphidius ervi*. يتواجد هذا المن فى كل من المناطق الساحلية الرطبة والمناطق الداخلية الجافة فى كولومبيا. وجد أنه عندما تُقلِق disturhed المفترسات مستعمرات المن، فإن أفراده تسلك واحداً من ثلاث إستراتيجيات. أولها أنها تسحب أجزاء فمها من أنسجة النبات، وتظل متوترة، وثانيتها أنها تجرى بعيداً عن المفترس، وثالثها أنها تسقط من على النبات. ويعتبر السقوط من على النبات أكثر وسائل الدفاع فاعلية ضد الإفتراس، ولكن قد يؤدى هذا السلوك إلى جفاف وموت حشرات المن المتطفل عليها، وبصفة خاصة فى المناطق الداخلية الجافة، ولو أنه قد ذُكر، فى دراسة سابقة، أن المن فى هذه المناطق يكون أقل قابلية فى محاولة تجنب الإفتراس بالسقوط من على النبات. تم دراسة سلوك المن المتطفل عليه ووجد أن المن المتطفل عليه يكون، على العكس من غير المتطفل عليه، أكثر قابلية فى أن يسقط من على النبات فى المناطق الجافة وحيث يكون مخاطر الموت فيها عالياً (شكل ٩:٥ أ). وقد فسر هذا السلوك على أنه سلوك ذو تكيف إنتحارى. تم أيضاً مقارنة سلوك أفراد المن فى عمرها الرابع والمتطفل عليها حديثاً بتلك التى فى عمرها ولكن سبق أن تم التطفل عليها منذ أربعة أيام سابقة. تموت أفراد المجموعة الأخيرة دون إنتاج للنسل ويكون الإنتحار هنا دون خسائر خاصة بهذا الفرد. أما فى المجموعة الأولى فعادة ما تنتج أفرادها قليلاً من النسل قبل إماتتها بواسطة يرقة الطفيل، وهنا سوف تفقد الذرية فيما لو أقدم الفرد على الإنتحار. وجد أن المن الذى ما زال يمتلك فرصة متبقية للإنتاج يكون أقل رغبة فى أن يسقط من على النبات عن أفراد المن التى

ليس لديها فرصة مستقبلية للإنتاج (شكل ٩:٥ ب). فسرت هذه الملاحظات مبكراً على أنها تغيرات فى سلوك العائل يسببها سلالات مختلفة من الطفيل أكثر من أنها محاولة لإنتحار العائل. لكن بعد ذلك وعند إستعراض تأثير طفيليات المناطق الرطبة والمناطق الجافة على العائل من كلا المنطقتيين، وجد أن الميل المتزايد للسقوط من على النباتات هى صفة مرتبطة أكثر بالعائل وليس بالطفيل. ومع ذلك، فمن المحتمل أنه فى غياب الإنتخاب للإنتحار، فإن طرز المن فى المناطق الجافة، ربما تتفاعل مع التطفل بطريقة تجعل السقوط من على النبات حدثاً محبباً عند محاولة الهروب من المفترس.



شكل (٩:٥) نسبة أفراد المن المتطفل عليها وغير المتطفل عليها المتساقطة من على النباتات عند الهجوم على مستعمرة المن بواسطة أحد مفترسات أبو العيدات. (أ) مقارنة بين إستجابة المن فى المناطق الجافة أو المناطق الساحلية الرطبة فى كولومبيا، (ب) تأثير وقت التطفل على الإستعداد للسقوط من على النباتات (كان المن متطفل عليه فى العمر الحورى الثانى Early ، أو خلال العمر الحورى الرابع Late) (عن ماكاليستر وروبتبرج ، ١٩٨٧ ، وماكاليستر وأخرون ، ١٩٩٠)

السبل المضادة لدفاعات العائل Counetrmeasures

تُظهر الطفيليات عديداً من الإستراتيجيات للتغلب على دفاعات العائل. عند تناول هذا الموضوع تم، من خلال تقسيم واسع، الفصل بين الإبتعاد عن دفاعات العائل بوسائل سلبية passive means (الإبتعاد)، وبين إبداء مهاجمة نشطة لدفاعات العائل.

١) الإبتعاد Avoidance

يمكن أن تخفى الطفيليات بيضها فى الأنسجة الداخلية للعائل حيث تُحمى من التكبسل، أو تُغلف بيضها أو يرقاتها بطبقة حامية protective تمنع التعرف عليها كأجسام غريبة. وأقترح أيضاً أن وضع عدد أكبر من البيض يعتبر وسيلة إيجابية لإضعاف نظام العائل المناعى.

أ- الإختباء Hiding

تضع عديد من الطفيليات بيضها فى أعضاء أو أنسجة خاصة، إذ بوضعها البيض فى مواقع بعيدة عن دورة خلايا الدم فى التجويف الدموى يزداد إحتمال حماية نسلها من عملية التكبسل. على سبيل المثال، تضع عديد من أنواع جنس الطفيل *Platygaster*، التى تتطفل على gall midges، بيضها فى عقدة عصبية حيث تكون محمية بحوصلة cyst من نسيج العائل، أما البيض الموضوع فى تجويف الجسم فيكون عرضة للتكبسل. كذلك يضع الطفيل الإكنيومونيدى *Amblyteles subfuscus* بيضه فى الغدد اللعابية ليرقات عائله *Euxoa ochrogaster* (Noctuidae)، بينما ينمو عديد من طفيليات الدودة القياسة *Bupalus piniaria* فى نسيج المعدة.

تهاجر يرقات عديد من طفيليات عائلة تاكينيدى Tachinidae، التى تفقس عن بيض تم إبتلاعه بواسطة العائل، من المعدة لتستقر فى العقد العصبية، أو الغدد اللعابية، أو الغدد التناسلية، أو الألياف العضلية أو فى الجسم الدهنى، بالرغم من أن بعض الأنواع الأخرى تبقى فى أنسجة الأمعاء. سجل أيضاً أن الطفيل *Gonia capitata*، وهو طفيل لعديد من يرقات الديدان القارضة (Noctuidae)، يبقى فى الأمعاء لبضعة أيام، ثم يندفع إلى المخ وتتعرض يرقاته فى طريقها إلى رد فعلى تكبسلى عنيف يهلك عديد منها. وبعد إنقضاء بضعة أيام فى المخ، تكون اليرقة قادرة على العودة إلى تجويف الدم دون أى تأثيرات معاكسة تقريباً.

يعتقد أن ظاهرة التطفل الداخلى قد نشأت عادة من ظاهرة التطفل الخارجى، وأن الطفيليات التى لا تميت عوائلها koinobionts قد تطورت عادة من تلك التى تميت عوائلها idiobionts، بالرغم من أن التحول فى كلا الإتجاهين يمكن حدوثه. تعتبر التغذية الخارجية أو الشلل الدائم أو

قتل العائل واحدة من الإستراتيجيات لتجنب رد الفعل المناعى للعائل. بصفة عامة، يفتقر بيض العائل إلى خلايا الدم المسئولة عن إحداث عملية التكبسل، ولذا فمن المحتمل أن يكون التطفل على البيض قد نشأ كوسيلة لتجنب دفاعات العائل. يستطيع عدد قليل من الطفيليات أن يكمل نموه بسرعة فائقة، وقد أقترح أن هذه القدرة تعتبر تكيفاً لتخطى outpace رد الفعل المناعى للعائل. على سبيل المثال، يستغرق الطفيل الإكنيومونيدى *Phaeogenes nigridens* ثلاثة أيام لإتمام نموه اليرقى (ثلاثة أعمار) داخل عذراء عائله دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis*.

ب- التغليف الواقى Protective coating

يحدد تجويف الجسم (التجويف الدموى haemocoel) بغشاء قاعدى له من الصفات السطحية ما يسمح لخلايا الدم من التعرف عليه دون أى محاولة لرد فعل مناعى immune response. يمكن للطفيليات أن تحمى نفسها بمحاكاة الصفات السطحية لأنسجة العائل، وبالتالى فإن سطح الطفيل يمكن أن يقاوم إلتصاق الخلايا الدموية المهاجمة. عادة ما يتجنب الطفيل الإكنيومونيدى *Nemaritis canescens* ظاهرة التكبسل من يرقات عائله *Ephestia kuehniella*، لكن وجد أنه لو تم خدش سطح البيضة برفق (أو إذا عُوملت كيمائياً)، ثم حقنت injected داخل العائل، فإن البيضة يتم كبسلتها. وجد أنه عند مرور بيض هذا الطفيل خلال منطقة الكأس فى الجهاز التناسلى للأنثى، فإنه يُغلف بجزيئات شبه فيروسية virus-like تعمل على حماية البيضة من التكبسل.

تضع أنثى الطفيل البراكونيدى *Cardiochilus nigricipes* بيضها فى يرقات الفراشات *Heliothis virescens*، و *Helicoverpa (Heliothis) zea* بالرغم من أن بيض الطفيل يتم كبسلته فى العائل *H. zea*. وجد أن بيضة الطفيل المتواجدة فى يرقة العائل *H. virescens* تمتلك طبقة خارجية صوفية الملمس ناعمة، تكون مفقودة فى حالة البيض المتواجد فى العائل *H. zea*، ربما بسبب إنزيمات متواجدة فى تجويف دمها. ويظهر أن هذه الطبقة تحمى البيضة من التكبسل. ويلاحظ أيضاً أنه لو حدث وجرحت يرقات العائل أثناء المنافسة اليرقية، فإن الخلايا الدموية تتجمع حول مكان الجرح بحيث يستوى سطحها الخارجى الواقى المغلف لها. عادة ما يفترض أن السبب فى بقاء العمر اليرقى الأول للطفيليات الداخلية لفترة طويلة، فى الوقت الذى تنمو فيه عوائلها وتزداد فى الحجم، هو لتجنب إهلاك العائل. لكن أقترح ميزة أخرى إضافية وهى أن العمر اليرقى الأول للطفيل يحتفظ بغلاف واق سوف يفقد مع الإنسلاخ إلى العمر التالى. ثبت أيضاً أن البيضة الموضوعة فى اليرقة الحديثة جداً، حيث لا توجد خلايا دموية مهاجمة بعدد كبير (أو فى البيضة فى حالة الطفيليات بيضة-يرقة)، غالباً ما تُظهر رد فعل مناعى طفيف جداً، وتعطى لليرقة وقتاً لتصبح مقبولة لدى العائل عن طريق إنماء غلاف واق.

جـ- وضع عديد من البيض oviposition of several eggs

لوحظ أن فرصة معيشة يرقة واحدة على الأقل تنجو من التكبسل فى الطفيليات الإنفرادية تكون أكبر إذا إحتوى العائل على عديد من البيض. على سبيل المثال، وجد أن وجود عدد كبير من البيض للطفيل الإكنيومونيدى *Bathyplectes curculionis* يزيد من فرصة نجاح التطفل على سوسة البرسيم *Hypera postica*. وبنفس الشيء، فإنه بينما ينجو ٨٠% فقط من بيض الطفيل الإكنيومونيدى *Hyposter* exigue إذا وضع فردياً فى عائله *Laphygma exigua* (Noctuidae)، فإن ٩٧% من اليرقات التى تحتوى على بيضتين تعطى حشرات كاملة للطفيل (يخرج طفيل واحد فقط من كل عائل). ليس من المعلوم فى هذه الأمثلة فيما لو أن الأنثى الواحدة تضع أكثر من بيضة أثناء غرزة واحدة، أو أنه يحدث تطفلاً متزايداً.

٢) الهجوم Attack

تتحرك يرقات الطفيليات داخل عوائلها بقوة، وربما يؤدى ذلك إلى أن تنجو عديد من الأنواع من التكبسل، ولقد شكك سولت Salt عام ١٩٦٨ فى أن المقاومة الطبيعية physical resistance بنفسها يمكن أن تحمى الطفيل أو لتحمى الطفيل من إستجابة مناعية كاملة فى العائل، حيث يبدو أن الحرب الكيميائية chemical warfare هى الإستراتيجية الأكثر أهمية للتغلب على دفاعات العائل. وفى هذا الجزء سنقوم بعرض تأثيرات الحقن الكيمائى بواسطة الحشرة الكاملة للطفيل أثناء وضع البيض، وكذلك أهمية خلايا التراتوسيت Teratocytes أو غيرها من المركبات الناتجة من اليرقة larval products، وأخيراً دور الفيروسات المصاحبة لطفيليات عائلة إكنيومونيدى Ichneumonidae.

ا- الكيمائيات المحقونة بواسطة الحشرة الكاملة للطفيل.

تلسع كثير من إناث الطفيليات عوائلها عند وضع البيض مما يؤدى إلى تطفل مؤقت أو مستديم. بصفة عامة، وجد أن السم الموجود فى حشرات غشائية الأجنحة hymenopteran venom يتكون من واحد أو أكثر من البروتينات منخفضة الوزن الجزيئى والتى تعمل على إضطراب وظيفة الغشاء أو تعمل على منطقة التشابكات العصبية nerve synapses. لقد تم دراسة ذلك بالتفصيل فى حالة الطفيل *Bracon hebetor* الذى يحقن نوعين من البروتين داخل عائله. يؤدى هذا السم إلى شل العائل والذى ربما يعيش لعدة أسابيع بعد هذا الهجوم ولكن دون حركة أو إنسلاخ. فى بعض الحالات، يكون العائل لديه حساسية زائدة لسم الطفيل، مما يؤدى إلى الموت لكل من الطفيل والعائل.

تواجه طفيليات البيض مشكلة وهى سرعة نمو العائل، والتى تعنى فقس بيض العائل قبل تكملة نمو الأطوار غير الكاملة للطفيل. فى حالة الطفيل *Telenomus heliothidis*، تحقن الأنثى مادة داخل بيض عائلها *Heliothis virescens* أثناء وضع البيض مما يتسبب فى توقف النمو الجينى embryogenesis. فى هذا الطفيل أيضاً، وجد أن هناك مادة تفرز بواسطة خلايا التيراتوسيت، كما سيأتى ذكره بعد، تعمل بالتوافق مع المادة الكيمائية المحقونة (التى توقف النمو) والتى تسبب نكرزة العائل host necrosis، أما فى الطفيل *Trichogramma pretiosum* الذى يهاجم نفس العائل، فإن هذا الطفيل يفتقد لخلايا التراتوسيت ولكن المادة التى تحقن بواسطة الأنثى تسبب كل من توقف النمو وتنكرز أنسجة العائل والتى تعتبر من أهم الصفات التى تكون مصاحبة لجميع طفيليات البيض.

على عكس طفيليات البيض، فإن طفيليات اليرقات لابد لها من مواجهة الجهاز المناعى للعائل. ذكر أن الحشرة الكاملة للطفيل تحقن بالعائل مواد توقف عمل الجهاز المناعى للعائل. وجد أيضاً أن الطفيل *Leptopilina heterotoma* المتطفل على حشرة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster*، تحقن مادة كيميائية (لاميلولايسين Lameliolysin) عند وضع البيض والتى تمنع عمل الخلايا المشتركة فى عملية التكبسل الخلوى (الخلايا الصفائحية lamellocytes). فى حالة الطفيل القريب له *Leptopilina mellipes*، يتم كبسلته عادة بواسطة يرقات ذباب الدروسوفيلا ولكن يرقات هذا النوع تعيش فيما لو أن نفس العائل قد تم التطفل عليه مسبقاً بواسطة النوع *L. hetorotoma*. وجدت نفس الظاهرة أيضاً فى الطفيل *Tetrastichus giffardianus* (Eulophidae) والذى يستطيع البقاء داخل يرقات ذباب الفاكهة المتطفل عليها بواسطة الطفيل *Psyttalia* (*Opius*) *fletcheri*. لقد ذكر حديثاً أن اللاميلولايسين Lamellolysine هى من المحتمل أن يكون فيروساً، ولكنه ليس من الواضح فيما لو أن المواد الكيمائية التى تحقن بواسطة الأباء هى المسئولة عن مثل هذه التفاعلات. على العكس من ذلك،، فى حالة بعض الطفيليات التابعة لعائلة إكنيومونيدى، والتى تفتقر لخلايا التيراتوسيت وكذلك حبيبات الفيروس (Polydnaviruses) PDNAs، فإنه يعتقد أنها تحقن سم داخل عوائلها لوقف عمل الجهاز المناعى للعائل. فى طفيليات عائلة براكونيدى، فإن السم له دور هام فى تعطيل عملية الكبسلة ولكنه يعمل من خلال عملية معقدة بالتناغم مع خلايا التيراتوسيت وكذلك الفيروس PDNAs.

يبدو على الأرجح أن عملية الإنسلاخ فى يرقات الحشرات ليست ضمن دفاعات العائل ضد الطفيل، إذ لا تسبب أى فقد لبيض الطفيليات الخارجية الملتصقة بجدار جسم العائل. فى حالة

الطفيليات التابعة لعائلة Eulophidae مثل جنس *Euplectus*، فإنها تقوم بلسع يرقات حرشفيات الأجنحة عند وضع البيض مما يؤدى إلى حدوث شلل مؤقت ثم يتبعه وضع عدد كبير من البيض خارجياً على سطح العائل ثم يستمر العائل فى الحياة ويعاود نشاطه من التغذية حتى الإنسلاخ التالى وغالباً ما يفشل العائل فى الإنسلاخ ويفقس بيض الطفيل وتتغذى اليرقات وتستهلك العائل. فى حالة الطفيل *E. plathypenae*، الذى يُهاجم اليرقات النصف قياسة *Trichoplusia ni*، فإن يرقات العائل تفشل فى الإنسلاخ نتيجة حقن مادة كيمائية بواسطة أنثى الطفيل عند وضع البيض، والتى تعمل مباشرة على الخلايا الطلائية. تعمل هذه المادة غالباً على الخلايا الطلائية والتى تستجيب للزيادة فى هرمون الإنسلاخ (الإكديسون) أثناء عملية الإنسلاخ. أما فى حالة الطفيل *Eulophus larvarum*، طفيل خارجى جماعى تابع لنفس العائلة Eulophidae، تقوم إناثه بلسع عوائلها (عديد من اليرقات التابعة لحرشفية الأجنحة)، بعد دخولها عملية الإنسلاخ مباشرة. وعلى ذلك يبدو أن بداية عملية الهجوم هى عملية حرجة وأن الطفيل يبقى بجوار العائل قرب الإنسلاخ منتظراً الوقت المناسب لعملية اللسع. تستمر اليرقات المُهاجمة stung hosts فى التغذية ولكن بمعدل متناقص ولكنها تفشل فى الإنسلاخ مرة أخرى.

ب- فعل خلايا التراتوسيت داخل يرقات العائل

فى عدد من عائلات الطفيليات الحشرية مثل عائلات Trichogrammtidae، Scelionidae، Braconidae يتكسر غشاء السروزا serosal membrane (المحيط بجنين الطفيل داخل البيضة) إلى خلايا منفردة والتى تستمر فى النمو، دون أن تتضاعف، لتصبح خلايا كبيرة الحجم تسمى خلايا التيراتوسيت teratocytes (فى بعض الأنواع تزداد خلايا التيراتوسيت فى الحجم إلى ٣٠٠٠ ضعف حجمها الأولى). يصل عدد تلك الخلايا من ١٥- ٨٠٠ خلية للطفيل الواحد . يغطى سطح خلايا التيراتوسيت بواسطة هديبات microvilli مشابهة بدرجة كبيرة للخلايا الطلائية للمعى الأوسط.

هناك حتى الآن ثلاثة وظائف على الأقل لخلايا التيراتوسيت، **الوظيفة الأولى**، ربما تكون لها وظيفة غذائية حيث تبتلع عادة بواسطة يرقات الطفيليات الداخلية، وهى تحتوى على مواد غذائية من دم العائل. **أما فى الوظيفة الثانية**، فتعمل هذه الخلايا، بطريقة غير مباشرة، على إضعاف الجهاز المناعى للعائل وذلك إما عن طريق توفير عدد كبير جداً من الأهداف targets لعملية التكبسل، أو عن طريق إستهلاكها لكمية كبيرة جداً من المواد الغذائية الهامة من دم العائل، مما يعمل على عمل ضغط على العائل وخفض فى كفاءة الهجوم على الطفيل. ولكن ثبت أن حقن

بعض من خلايا التيراتوسيت فى العائل لم تحدث إستجابة للتكبسل مما يُضعف فرضية تعدد الأهداف. **وأخيراً**، فإنه ربما تكون الوظيفة الأساسية لهذه الخلايا هى إفرازية عن طريق إفراز إنزيمات هاضمة digestive enzymes وهى سواد تتدخل فى فسيولوجيا العائل ليكون فى مصلحة الطفيل، أو مواد تتدخل فى عمل الجهاز المناعى للعائل، أو حتى مواد تقلل من الإصابة بالفطريات. إن التركيب الدقيق لخلايا التيراتوسيت، يؤكد الوظيفة الإفرازية لها. وعلى الرغم من أن وجود خلايا التيراتوسيت الحقيقية تكون محصورة فى عدد من الطفيليات الحشرية، إلا أن وظيفتها فى البعض الآخر من الطفيليات تتم عن طريق غشاء السروزا السليم كما هو الحال فى طفيليات تحت عائلات Alysiine و Opiine من عائلة Braconidae.

وجد أنه إذا تم إزالة بيض من أنثى الطفيل *Cardiochiles nigricipes*، ثم غسله ثم حقنه داخل العائل، فإن ذلك البيض عادة ما يتعرض للتكبسل، لكن لو حقنت أيضاً خلايا التراتوسيت، فإن درجة التعرض للتكبسل تكون ضعيفة جداً. تم الحصول على نفس النتائج فى العديد من الأنواع التابعة لعائلة براكونيدى والتى تدلل على أن إفرازات خلايا التيراتوسيت فى طفيليات هذه العائلة تتداخل بطريقة أو أخرى فى عمل الجهاز المناعى للعائل والتى ربما تنشط من عمل السم والفيروس PDNAs.

وغالباً ما يعتقد أن خلايا التيراتوسيت لها أكثر من وظيفة واحدة، وأن هناك أدلة على أن كل من خلايا التيراتوسيت الحديثة والقديمة ربما يسلك مسلكاً مخالفاً لبعضهما. من المعروف أن طفيليات البيض من عائلة Scelionidae وعائلة Trichogrammatidae لا تتعرض للتكبسل الخلوى لأن خلايا التيراتوسيت فى مثل هذه العائلات تفرز مواداً تساعد على هضم نسيج العائل. أيضاً ربما تسهم خلايا التيراتوسيت فى معالجة الغدد الصماء endocrine manipulation فى فسيولوجيا العائل.

قد تفرز أيضاً يرقات الطفيليات الحشرية بعض المواد داخل العائل. على سبيل المثال، يفرز الطفيل *Pimpla turionellae* مادة من نهايتها الشرجية لها فعل مضاد للميكروبات antimicrobial activity. فى حالة العوائل ذات الجهاز المناعى المعطل، ربما تُشكل الإصابة بالميكروبات مشكلة كبيرة لنمو الطفيليات الداخلية.

جـ- الفيروسات Polydnaviruses (PDNAs)

يحتوى الجهاز التناسلى لعديد من الطفيليات الحشرية، خاصة عائلتى Ichneumonidae و Braconidae تلك التى تُهاجم يرقات حرشفية الأجنحة، على حبيبات تحقن داخل العائل عند التطفل، ولقد تم التعرف حديثاً على أن عديد من تلك الحبيبات هى فيروسات.

هناك نوع واحد من الفيروسات تم عزله حتى الآن من مختلف الطفيليات التابعة للعائلتين السابقتين، على الرغم من تواجد إختلافات بين الفيروسات المعزولة من كل من العائلتين، حيث كانت الفيروسات المعزولة من عائلة براكونيدى عصوية الشكل rod - shaped وذات أطوال متباينة، ومغلفة بغشاء مفرد single unit membrane، وغالباً ما يكون لها ذيل tail- أما أكثر الفيروسات التى عزلت من عائلة إكنيومونيدى والتى تم دراستها تفصيلياً، فقد كانت مغزلية الشكل spindle – (fusiform)، مع غشاء مزدوج. فى كل الحالات، كانت المادة الوراثية هى حمض DNA والتى تتمثل فى عدد من الخيوط المزدوجة وجزئيات دائرية ملتفة لتعطى شكل حلزونى عملاق super helices. وبناء على الخصائص وترتيب المادة الجينية لهذه الفيروسات فقد تم وضعها جميعاً فى عائلة مستقلة تسمى Polydnaviridae (Poly – D N A- viruses).

عند وضع البيض، ينزل البيض الناضج من فريعات المبيض لمنطقة الكأس calyx ثم منها إلى آلة وضع البيض. وعند فحص سائل منطقة الكأس بواسطة الميكروسكوب الإليكترونى، ظهر إمتلاء ذلك السائل بحبيبات الفيروس. على الأقل فى طفيليات عائلة إكينومونيدى، تكون المادة الوراثية للفيروس متواجدة ومتحدة مع كروموسومات الطفيل بل وتتواجد فى جميع خلايا الذكر والأنثى. يحدث تضاعف الفيروس فقط فى خلايا منطقة الكأس لمبايض الأنثى. فى بعض الأنواع، فإن حبيبات الفيروسات المحتوية على التوليفات الصحيحة لجزيئات الحمض النووى DNA تتبرعم من جدار الخلايا، أما فى البعض الآخر فإن الخلايا تموت مما يؤدى إلى إنطلاق حبيبات الفيروس فى منطقة الكاس. فى حالة الطفيل *Campoletis sonorensis* والذى تم دراسته جيداً، فقد وجد حوالى ٢٨ نمط من الحمض النووى DNA تتراوح أحجامهم من ٦ ــ ٢١ Kbp (kilobase pairs).

بعد الحقن داخل العائل، يغزو الفيروس العديد من أنواع الخلايا، وتتواجد نواتج إستنساخه فقط بعد ساعتين من الحقن. عند إزالة بيضة من الطفيل، وغسلها من سائل الكأس ثم حقنها داخل العائل. فإن هذه البويضات تفشل فى النمو وغالباً ما تتكبسل. ولكن إذا تم الحقن للبويضة المغسولة مع حقن الفيروس أو جزء من سائل الكأس، فإن بيضة الطفيل تعيش وتنمو، كما أن حقن سائل الكاس أو الفيروس بالعائل مع عدم وجود بويضة الطفيل تعطى الأعراض المميزة لعملية التطفل. وعلى ذلك فإن حبيبات الفيروس يكون لها أهمية فى عملية التحكم فى الجهاز المناعى للعائل والسماح للطفيل بالهروب من التكبسل. تؤثر الفيروسات أيضاً على فسيولوجيا التغذية والغدد الصماء للعائل لتكون مناسبة ومفيدة للطفيل. فى العديد من طفيليات عائلة

براكونيدى، يكون السم مهم جداً بالنسبة للفيروسات ليمنع التكبسل، كما أنه فى بعض الحالات يكون هناك الحاجة لفعل خلايا التيراتوسيت. وعلى ذلك ربما يكون الدور الأهم للفيروسات (والتى لا تتضاعف فى العائل والتى تنخفض فاعليتها بمرور الوقت) فى عائلة براكونيدى هو حماية بيض الطفيليات من التكبسل، وهو الدور الذى يقوم به كلياً أو جزيئياً اليرقة أو خلايا التيراتوسيت بعد فقس بيضة الطفيل.

ليس هناك دليل دامغ على تضاعف الفيروس داخل العائل، وأن إنتقال الفيروس يتم من حلال جنيوم genome الطفيل فقط، وهناك ثلاثة إحتمالات لنشأة هذه الفيروسات هى:-

١- ربما نشأت هذه الفيروسات كممرضات للعوائل الحشرية. هناك بعض حالات تشابه بين تركيب فيروسات PDNAs وبعض الفيروسات العصوية التابعة لعائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae والأخيرة هى ممرضات شائعة لحرشفيات الأجنحة، وتنتقل خلال العوائل بواسطة الطفيليات الحشرية passive transmission وربما يعتبر هذا أولى خطوات التطور لعلاقة إجبارية obligate relationship، ولكن نظراً لأن فيروسات PDNAs لا تتضاعف داخل العائل، فهذا يعتبر دليلل إثبات على عدم صحة هذه الفرضية.

٢- ربما كانت هذه الفيروسات هى ممرضات للطفيليات نفسها. على الأقل هناك نوع واحد من فيروسات عائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae معروف عنها أنها تهاجم الطفيليات الحشرية، وربما مثل هذا الفيروس قد تحول من كونه ممرض إلى معاشر متبادل المنفعة mutulist. ولكن المشكلة ضد صحة هذين الإفتراضين هو عدم معرفة كيفية إلتحام أوإتحاد الفيروس مع جينوم العائل. إن عملية الإلتحام incorporation هى عملية شائعة بالنسبة للفيروسات من النوع retroviruses ولكنها جميعاً من الفيروسات المحتوية على حمض نووى RNA وليست فيروسات محتوية على الحمض النووى DNA .

٣- التفسير الثالث تفادى مثل هذه المشكلة،. حيث يفترض أنه ربما يكون منشأ الفيروس هو جينوم العائل وهو ليس اكثر من أنه وسيلة لتوصيل السم وغيره من منتجات الطفيل parasitoid products بكفاءة أعلى لأماكن معينة فى العائل تكون مطلوبة فيها. ومما يدعم هذا الإفتراض هو أن بعض الجينات المحمولة بواسطة PDNAs هى مشابهة لتلك الجينات الموجودة فى غدة السم venom gland فى الطفيليات. وعلى ذلك فإنه من المحتمل أن جينات غدة السم أو منتجات الطفيل الأخرى ربما تكون قد إنتقلت للفيروس الناشئ عن العائل أو ممرض الطفيل parasitoid pathogen.

تختلف الفيروسات PDNAs للعديد من الطفيليات فى أشكال جزيئات الحمض النووى DNA كما أنها أيضاً تعمل فى مدى عوائلى محدود. فى حالة عائلتى إكنيومونيدى وبراكونيدى، يبدو أن الفيروسات PDNAs لها توزيع تقسيمى محدود حيث إنه حتى الآن هناك عدد قليل من الأنواع التى تم إختبارها وإثبات العلاقة فيها مع الفيروسات.

هناك بعض أنماط من الفيروسات الأخرى قد تم إكتشافها فى سائل الكأس على الرغم من أن وظيفتها غير محددة بدقة. ربما تكون وظيفة حبيبات الفيروسات التى تغلف بيضة الطفيل *Nemeritis canescens* وبعض الطفيليات الأخرى التابعة لنفس العائلة قد تم تحديدها. تم إكتشاف حبيبات هذه الفيروسات فى الطفيل *Leptopilina heterotoma* (Eucoilidae) والتى يبدو أنها تقوم بتدمير الإستجابة لعمل كبسلة والتى يتم إرجاعها لمادة اللاميلولايسين iamellolysin السابق ذكرها. لقد تم إكتشاف حبيبات الفيروس أيضاً فى الزنابير المكونة للأورام التابعة لعائلة Cynipidae (والتى نشأت من الطفيليات) والتى تحدث تكوين للأورام فى النباتات عن طريق حقن DNA والذى يتضاعف فى النباتات، فإذا ثبت صحة هذا التفسير، فإنه سيكون من المهم معرفة هل الزنابير المكونة للأورام gall wasps تستخدم ميكانيكية متماثلة ومتجانسة Homologous لتلك الموجودة فى طفيليات عائلة Eucoilidae.

المعالجة السلوكية للعائل Host behavioral manipulation

هناك بعض الأمثلة القليلة على تحكم الطفيليات، وخاصة الطفيليات الداخلية منها، فى سلوك عوائلها. توضح بعض من تلك الأمثلة أن العوائل المتطفل عليها تعانى من نسبة موت منخفضة مقارنة بتلك غير المتطفل عليها وقد عزى السبب فى ذلك إلى التغيرات السلوكية الحادثة فى العائل نتيجة التطفل. ربما ترجع الصعوبة فى صحة هذه الفرضية إلى أن الضغوط المصاحبة للتطفل ربما تؤدى إلى كثير من التأثيرات مثل الكسل والبطء والتى تقلل، بطريقة غير مباشرة، من تعرض تلك الأفراد المتطفل عليها للمفترسات وبالتالى التقليل من مخاطر الإفتراس. ومن المهم أن نسأل أنه طالما كان الطفيل يستطع تقليل مخاطر الإفتراس للعائل، فلماذا لم يعمل الإنتخاب مباشرة على العائل. وربما يكون التفسير الأكثر قبولاً هو أن هناك إستعاضات trade-off بين مخاطر الإفتراس مع المكونات الأخرى لكل من لياقة العائل والطفيل، وإذا لم تكن الإستعاضة مطابقة فإن معالجة أو التحكم فى سلوكيات العائل تكون فى صالح الطفيل. لا تعمل كل الطفيليات دائماً على تغيير سلوك العائل لتقليل مخاطر الإفتراس، إذ قد تستفيد بعض الطفيليات من معدل التغذية السريع للعائل، حتى لو أدى ذلك لزيادة مخاطر الإفتراس.

وجد أنه فى حالة الطفيل البراكونيدى *Cotesia euphydryidis*، والذى يهاجم يرقات أبى دقيق *Euphydryas phaeton*، أن اليرقات المتطفل عليها تزحف ، قبل موتها بواسطة الطفيل، من المناطق الخضراء الكثيفة dense vegetation إلى المناطق الأكثر تعريضاً exposed areas. لقد تم وضع بعض التفسيرات لمثل هذا السلوك لمثل هذه اليرقات، على أن اليرقات المتطفل عليها تعلن عن تواجدها للمفترسات والتضحية بنفسها حفاظاً على أقاربها وأفراد عائلتها kin التى يمكن بذلك أن تظل محمية من التطفل. كما أنه من ضمن التفسيرات المقبولة أيضاً أن الخروج إلى المناطق المعرضة هو تقليل لمخاطر التطفل المفرط. يُهاجم هذا الطفيل بالعديد من الطفيليات المفرطة مثل *Gelis* sp. (Ichneumonidae) وكذلك *Pteromalus* (*Habrocytus*) sp. (Pteromalidae)، وأن التطفل المفرط أقل على الشرانق المتكونة فى المناطق العالية المعرضة.

هناك ميزة إضافية أخرى من التعذير فى المناطق العليا، وهى أنه عند خروج الحشرات الكاملة للطفيل فإنها تخرج فى مكان جيد يسهل معه التزاوج عن طريق الفيرومونات الجنسية. وقد أقترح أن الإنتحاب لتقليل التطفل المفرط يكون أكثر أهمية وقوة من الانتخاب لتقليل الإفتراس وبالتالى يؤدى إلى تغير فى سلوك العائل. وعلى الرغم من أن كل من الطفيل والعائل يحاول تفادى مخاطر الإفتراس، إلا أن الطفيل هو الذى يعانى من التطفل المفرط.

تموت كثير من اليرقات المتطفل عليها من حرشفيات الأجنحة فى أماكن مرئية وملحوظة. ولقد أقترح أن اليرقات المتطفل عليها من عائلة Nymphalidae مثل *Chlosyne harrissii* تَعرض نفسها للإفتراس، حيث يعيش هذا النوع من أبى دقيقات فى مستعمرات كبيرة الحجم وقد عزى هذا السلوك إلى محاولة المحافظة والدفاع عن الأقارب والمستعمرة، ولكنه لم يتم دراسة التطفل المفرط لمثل هذه الحالة. ولقد تم دراسة المعالجة السلوكية ليرقات الدودة القارضة *Mythimna separata* (Noctuidae) بواسطة الطفيل الجماعى *Cotesia kariyai*، حيث تختبئ اليرقات فى الفضلات أسفل النبات خلال النهار ولكن اليرقات المتطفل عليها (عند وصول يرقات الطفيل لمرحلة متقدمة من العمر) تترك مكان الإختباء وتتسلق على النبات حيث تظل ساكنة حيث تخرج يرقات الطفيل وتقوم بنسج شرانقها بجانب يرقة العائل التى تموت لاحقاً على بعد مسافة قصيرة من عذارى الطفيل. والتفسير الأكثر قبولاً فى هذه الحالة هو أن الطفيل يدفع العائل إلى الحركة إلى مكان أكثر تفضيلاً للتعذير ويمنع العائل من الموت فى المكان القريب من عذارى الطفيل والتى قد تؤدى إلى التعفن أو جذب المفترسات أو الطفيليات المفرطة.

لقد تم دراسة سلوك حشرات مَن البطاطس *Macrosiphum euphorbiae* المتطفل عليها بواسطة الطفيل *Aphidius nigricipes* (Braconidae). وجد أن حشرات المن المحتوية بداخلها على أطوار الطفيل الداخلة فى طور سكون diapausing parasitoid تترك المستعمرة وتذهب إلى مواقع أخرى دقيقة microhabitats مختبأة والتى فيها يستهلك الطفيل العائل ويعذر بداخله ويحوله إلى مومياء. ربما يعمل هذا السلوك على تقليل مخاطر التطفل المفرط أو الإفتراس على عذارى الطفيل داخل مومياوات المَن أو ربما يحمى عذارى الطفيل من ظروف الطقس السيئة. أما فى أفراد المن المحتوية على أطوار الطفيل غير الساكنة non- diapausing parasitoids ، فإنها لا تتحرك إلى الأماكن المختبآة ولكنها تميل إلى ترك المستعمرة فى السطح السفلى للأوراق وتذهب لتعذر على السطح العلوى للأوراق خاصة قرب قمة النبات. ولقد أقترح أن هذا السلوك يؤدى أيضاً إلى تقليل مخاطر التطفل المفرط، حيث وجد أن الطفيليات المفرطة ربما تستخدم المشعرات cues المنطلقة من مستعمرات المن لمقابلة عوائلها. وجد أيضاً أن نمو الطفيل يكون أسرع إذا تم التعذير فى الأماكن الدافئة والمشمسة قرب قمة النبات.

هناك مثال آخر مختلف قليلاً من تغير السلوك يتسبب فيه طفيليات أخرى على حشرات من رتبة متشابهة الأجنحة قبل تعذيرها. حيث وجد أن نطاطات الأوراق من تحت عائلة Typhlocibine (Cicadellidae) المتطفل عليها بواسطة طفيليات عائلة Drynidae تتوقف عن الحركة بل وتغرس خرطومها داخل نسيج النبات قبل موتها بواسطة الطفيل، وربما يعود ذلك لمصلحة الطفيل حتى لا يسقط العائل من على النبات.

أما فى نحل الخشب المتطفل عليه بواسطة طفيليات ذباب عائلة Conopidae، فقد وجد، فى وسط أوربا، أن النوع الشائع من هذا النحل *Bombus pascuorum* يتم التطفل عليه بواسطة النوعين *Sicus ferruigneus*، *Physocephala rufipes*. فى بعض عشائر هذا النحل فى سويسرا، تتراوح نسبة التطفل بين ٣٠-٧٠%. ينمو الطفيل داخل العائل ويستمر العائل فى السروح حتى يصل الطفيل إلى نهاية العمر اليرقى الثالث، حيث تؤثر اليرقة التامة النمو للطفيل داخل تجويف الدم للعائل على نجاح سروح النحل المتطفل عليه بعدة طرق منها:-

١- عن طريق نواتج الإخراج داخل العائل، والتى تؤدى إلى ضعف الحالة العامة للعائل.

٢- يؤثر وزن الطفيل على ديناميكية الطيران الهوائى للعائل.

٣- تحدد كتلة الطفيل من حجم حوصلة العسل فى البطن وبالتالى تقل كمية الرحيق التى يمكن جمعها، لكنه لا يؤثر على قدرة النحلة فى جمع حبوب اللقاح والتى تُخزن فى سلة حبوب اللقاح بالأرجل الخلفية.

وجد بعض الإختلافات الواضحة فى سلوك النحل المتطفل عليه وغير المتطفل عليه. يميل النحل المتطفل عليه لزيارة نماذج مختلفة من الأزهار، كما يميل النحل الذى يحمل بداخله يرقات الطفيل التامة النمو إلى جمع الرحيق أكثر من جمعه لحبوب اللقاح. يرجع بعض من هذه الإختلافات السلوكية إلى التغيرات الفسيولوجية والتمثيلية metabolic التى يحدثها التطفل. يمكن أن يتضمن ذلك المعالجة السلوكية بواسطة الطفيل، فالنحلة المحتوية على طفيل تام النمو تقريباً تكون قريبة من الموت، إلا أنها قد تستمر فى مساعدة المستعمرة بجمع حبوب اللقاح التى تُستخدم فى تغذية يرقات النحل. ومن وجهة نظر النفع للطفيل، قد يكون السروح لجمع الرحيق أجدى حيث يُستعمل كغذاء بالنسبة للنحلة وبالتالى يكون ذا فائدة بالنسبة للطفيل.

هناك إختلاف أخر بين سلوك النحل المتطفل عليه وغير المتطفل عليه. يميل النحل المتطفل عليه أن يمضى معظم وقته سارحاً فى المروج الخضراء، ولا يعود إلى العش أو نادراً ما يعود. هذا التغير فى السلوك ليس لكونه متطفل عليه لكنه قد يكون ذو فائدة للطفيل. عندما يصل الطفيل إلى نهاية عمره اليرقى الثالث، فإنه يلتهم الأعضاء الحيوية لعائله ويسقط ميتاً فى النهاية. يُعذر الطفيل داخل مومياء العائل حيثما يوجد. لو حدث وماتت النحلة فى العش، فسوف تتعرض للإصابات البكتيرية والفطرية التى تحدث على الإطارات الخشبية غير المشغولة، وحيث تقل فرصة تعذير الطفيل فى مكان آمن. بالإضافة إلى هذا، فإن فى تجنبها للعش سوف لا تستهلك من الغذاء المخزن الذى تم جمعه للمستعمره.

أخيراً، فعلى الرغم من أن النحل المتطفل عليها بيرقة طفيل تامة النمو ليس بالسارح الجيد، إلا أن النحل المحتوى على الأطوار الصغيرة للطفيليات ربما تُسهم فى تربية النسل والصغار، وربما يؤدى غيابها عن العش إلى نقص فى لياقتها النهائية.

دفاع العائل ضد كوامل الطفيليات Host defense against adult parasitoids

فى الموضوع السابق أُلقى الضوء عن كيف يمكن للعائل أن يحمى نفسه من الأطوار اليرقية للطفيل، وكيف يمكن للطفيل بالتالى أن يقوم بأداء سبل مضادة coutermeasures لدفاعات العائل. سوف نتناول فى الموضوع الحالى كيف يمكن للعوائل أن تحمى نفسها من كوامل الطفيليات.

١) الإبتعاد Avoidance

تَستخدم الطفيليات لملاقاة عوائلها مشعرات مختلفة كيميائية، وبصرية، وحسية، وغيرها. سوف يؤدى الإنتخاب الطبيعى للعائل للتقليل من المنبهات التى يمكن أن تستغل بواسطة الطفيليات

الباحثة فى ملاقاة عوائلها. ليس من المستغرب أن معظم الكيمائيات الجاذبة attractants أو المؤدية للإستقرار arrestants والتى تستغلها الطفيليات الباحثة تنتج عند تغذية العائل أو تبرزه، وهما نشاطين لا يمكن تجنبهما.

هناك وسائل عديدة بها يمكن للعوائل أن تقلل من المشعرات التى يمكن أن تمد بها الطفيليات الباحثة. يمكن للعوائل التى تعيش داخل أنسجة النبات أن تقفل على نفسها لدرجة لا تمد فيها الطفيليات الباحثة بأى مشعرات بصرية خارجية. غالباً ما تأكل نافقات الأوراق، على سبيل المثال، جزء صغير فقط من النسيج الوسطى للورقة الخضراء mesophyll بدرجة لا ينتج عنه رؤية نفق أبيض واضح، وقد أقترح أن الأنفاق الخيطية الملتوية لبعض أنواع الذباب من عائلة Agromyzidae والتى تزدوج وتتشابك مع بعضها يعتبر تكيف يمنع الطفيل من تتبع النفق للوصول إلى العائل.

يمكن للعائل أن يقلل من إستفادة الطفيل من المشعرات التى ينتجها أثناء تغذيته، أو تلك الناتجة من العائل النباتي كرد فعل للتغذية عليه بإتباع نظام الوجبات الخفيفة snacking، أى التغذية على كميات قليلة من الغذاء ثم الحركة إلى موقع تغذية جديد. تقوم بعض يرقات رتبة حرشفية الأجنحة ببتر الأوراق المأكولة جزئياً، وإلا فإنها سوف تعمل كمشعرات cues لعدد من المفترسات والطفيليات. وعادة ما تفسر هذه السلوكيات على أنها إزالة للمشعرات التى تستغل كمشعرات بصرية للطيور الصائدة، لكن يمكن أن يشملها أيضاً إبعاد الطفيليات. كما تقذف يرقات العائل ببرازها بعيداً حتى لا تتلوث مناطق تغذيتها، وقد يكون لهذا السلوك، جزئياً وجاهته الصحية ولكن بسبب أن الطفيليات غالباً ما تستغل الكيمائيات المتواجدة فى البراز كمنبهات جاذبة أو داعية للإستقرار، فإن هذا السلوك ربما يقلل أيضاً من معدل التطفل. على سبيل المثال، تقذف بعض يرقات أبى دقيقات من عائلة Hesperidae ببرازها كالقذيفة على بعد المتر. هذا ويمكن أن تختار العوائل أماكن وضع بيضها بطريقة تقلل بها المعلومات التى تمد بها الطفيليات، فقد وجد أن ناخرة الأوراق *Stilbosis juvantis* (Cosmopterygidae) تتجنب مهاجمة الأوراق التالفة لوضع البيض حيث أنها تجذب الطفيليات. كذلك وجد أن الشكل البنائى لكتلة البيض ربما يسهم أيضاً فى إمداد الطفيليات بالحد الأدنى من المعلومات إذ أن وضع البيض فوق بعضه فى كتل، يجعله غير ميسر الوصول إليه بواسطة الطفيليات. فقد وجد فى حشرة *Asterocampa clyton* التابعة لعائلة Nymphalidae أن نسبة البيض المتطفل عليها فى كتل البيض الصغيرة أعلى منها فى كتل البيض الكبيرة. وقد تلجأ بعض العوائل إلى دفن بعض من بيضها أسفل طبقات من بيض أنواع أخرى فيصعب الوصول إليه بالنسبة لمعظم نماذج الطفيليات.

لا يمكن للعوائل التى تهتدى إليها طفيلياتها من خلال حركتها أو إهتزازها أن توقف من هذه الحركات، لكن يمكن تقليلها إلى أقل حد ممكن. أكتشف أن هناك أنماط متعددة فى سلوكيات يرقات ذبابة الدرروسوفلا *Drosophila melanogaster*. هناك بعض الأفراد ويطلق عليها الأفراد الرواغة rovers تتحرك بنشاط فى وسط إنتشارها، بينما البعض الآخر ويطلق عليها الأفراد الجليسة sitters تكون أقل حركة بكثير. ولذا فإن اليرقات الأخيرة تمتلك ميزة خاصة عند تواجد طفيليات تتلاقى مع عوائلها من خلال إهتزازاتها. فى تجربة معملية، تم مقارنة التطفل فى سلالة حساسة لدرجة الحرارة من النموذج الرواغ. وجد أنه تحت درجة حرارة ٢٩ °م تتصرف الأفراد اليرقية كرواغات، بينما عند درجة ٢٩ °م أو أعلى منها، فإن الأفراد لا تتحرك ولا تتغذى (وفى هذه الحالة تكون أقل حركة من اليرقات الجليسة التى تتحرك قليلاً وتتغذى ولذا فإنها تحدث بعض الإهتزازات). وجد فى هذه التجربة أن الطفيل *Leptopilina heterotoma* (Eucoilidae) لم يستطع التمييز بين المجموعتين، أما الطفيل *Asobara tabida* (Braconidae) فلم يستطع ملاقاة المجموعة فى درجة تعلو درجة ٢٩ °م. يرجع السبب فى ذلك إلى أن الطفيل الأول *L. heterotoma* يتلاقى مع عوائله من خلال ضرب stabbing البيئة بآلة وضع البيض، بينما الطفيل الآخر، فيكون عن طريق الإستعانة بإهتزازات العائل. قورنت أيضاً معدلات التطفل بين النموذج الرواغ والنموذج الجليس بواسطة نوعين من الطفيليات يتبعان عائلة Eucoilidae هما *Leptopilina boularidi* الذى يهتدى إلى عائله من خلال الضرب بآلة وضع البيض، والطفيل *Ganaspis xantopoda* الذى يستغل إهتزاز العائل فى ملاقاته. وجد أن اليرقات الرواغة يتم التطفل عليها غالباً، وبصورة معنوية، بواسطة الطفيل *G. xanthopoda*، أما اليرقات الجليسة فغالباً بالطفيل *L. boulardi* وبصورة معنوية أيضاً. درس أيضاً التطفل فى نموذجين آخرين مختلفى السلوك فى نفس حشرة الدروسوفلا، أحدهما حافرة digger والأخرى غير حافرة تميل فى أن تتغذى على أعماق مختلفة. وجد أن الطفيل *L. boulardi* يهاجم عدداً أكثر من أفراد النموذج غير الحافر الذى يبقى بالقرب من السطح.

٢) دفاعات سلبية Passive defenses

تعيش عديد من العوائل حرشفية الأجنحة متجمعة فى أنسجة webs كبيرة توفر لها، على الأقل، بعض الحماية من الطفيليات السارحة، حيث يمكن أن تتقهقر اليرقات إلى داخل النسيج عند تواجد الطفيليات. كذلك وجد أن الأنواع التى تتغذى بطريقة مختبئة جزئياً فى النباتات يمكنها أيضاً أن تتراجع إلى أكثر الأماكن أمناً فى مواقع تغذيتها عند إكتشاف الطفيل. هناك أيضاً إستجابة شائعة فى العوائل وهى بقائها ساكنة تماما فى وجود الطفيليات لدرجة لا يمكن إكتشاف موقعها.

قد يكون سمك جدار جسم العائل (أو قشرة chorion البيضة) كافية لإعاقة هجوم بعض الأنواع الطفيلية. تقوم بعض أنواع أبى دقيقات من تحت عائلة Charaxinae (عائلة Nymphalidae) بالإختفاء فى أوراق ملفوفة تقوم بسد مدخلها برؤوسها، حيث يكون صندوق الرأس من الصعوبة بأن يثقب بواسطة آلة وضع بيض الطفيل، كما أنه يقدم أيضاً بعض الحماية ضد يرقات ذباب التاكنيا التى تضع بيضها على الجزء المعرض لليرقة. يمكن أيضاً للأغطية الشمعية للبق الدقيقى والقشور الصلبة لحشرات القشرية أن تعيق هجوم الطفيل. يكون الطفيل الجماعى البراكونيدى *Cotesia (Apanteles) congregatus* غير قادر على وضع البيض من خلال جدار الجسم الصلب لليرقة التامة النمو لعائلة *Manduca sexta*، وربما تأخذ الحماية مظاهر مشابهة مثل يرقات حشرة الخنفساء السلحفائية *Cassida rubiginosa* التابعة لعائلة Chrysomelidae التى تحمل جيباً يتكون من جلود الإنسلاخ والبراز فوق ظهرها مما يجعل اليرقات مسلحة ومغطاة بدرع يوفر لها الحماية من الطفيليات بجانب الحماية من العض بواسطة حشرات النمل (شكل ٥:١٠) كما يكون لطفيليات البيض من أنواع جنس *Trichogramma* مدى واسع من العوائل، لكنها تكون غير قادرة على مهاجمة بيض الأنواع ذات قشرة البيض السميكة كما فى دودة الحرير التوتية.

شكل (٥:١٠): العمر اليرقي الرابع للخنفساء السلحفائية *Cassida sanguniolenta* تحمل كتل البراز (lf) على زوائدها الشرجية. يلاحظ أيضاً جلود الإنسلاخ القديمة (ht) في هذه الكتل البرازية. (شلبي ، ١٩٧٤).

لعديد من الأنواع الطفيلية سلوكيات خاصة تسمح لها فى أن تضع البيض من خلال أقل الأجزاء صلابة من جدار جسم العائل مثل الأغشية بين الحلقية intersegmental membranes. تقابل بعض أنواع الطفيليات من تحت عائلة Euphorinae (من عائلة Braconidae) مشاكل خاصة عند مهاجمتها لكوامل الخنافس ذات جدار الجسم بالغ الكيتنة. غالباً ما يحدث وضع البيض بين الصفائح البطنية، أو فى الفم، أو فى قاعدة قرن الإستشعار، أو من خلال فتحة الشرج.

٣) دفاعات نشطة Active defenses

تعتبر الحركات الإلتوائية wriggled القوية التى تقوم بها العوائل الحشرية من أكثر الاستجابات شيوعاً ضد وجود الطفيليات. وقد تكون الحركة كافية لإلقاء الطفيل من على العائل، أو منعه من وضع أى بيض. تكون الأسطح شديدة النعومة لعذارى بعض أنواع أبى دقيقات تحوراً يمنع الطفيليات من تثبيت أرجلها على ذلك العائل الذى يؤدى حركات إلتوائية. وتكون الأخاديد بين الحلقية لعذارى بعض أنواع الخنافس الأرضية Tenebrionidae كيتينية ومسننة تعمل كشراك (مصائد) gin traps لأرساغ الطفيليات التى تمشى فوقها. وتقفز شرانق عدد من أجناس الطفيليات من عائلة إكنيومونيدى إذا ما أقلقت. يحدث هذا القفز نتيجة التمدد المفاجىء لليرقة داخل العذراء وتُفقد هذه القدرة بعد التعذير. قد تؤدى هذه القفزة، التى غالباً ما تكون لسنتيمترات، إلى أن توقع الشرنقة فى مكان أكثر آمناً للتعذير، أو قد تكون من وسائل الهروب من التطفل المفرط، فالطفيل *Bathyplectus amurus* يقلل من نسبة التطفل المفرط عليه بواسطة الطفيل *Diabrachys cavus* عن طريق حركة وقفز اليرقة داخل الشرنقة. عندما يُهاجم المَنْ، فإنه يرفس بعنف، ويمكن للأفراد الكبيرة الحجم منع الطفيل من أن ينالها ، وتهز اليرقات المتجمعة، مثل الأعمار اليرقية الأولى لأبى دقيقات *Pieris brassicae* أجسامها فى وقت واحد إستجابة لوجود الطفيليات. يُخيف مثل هذا السلوك الأنواع الطفيلية عامة التطفل generalists، لكن لا تُخدع الطفيليات المتخصصة specialists بمثل هذه الخدع السلوكية. كذلك تكون الهزة العنيفة (الإرتعاش) من رأس يرقات أبى دقيق الخبازى *Euphyaryas phaeton* فى بعض الأحيان فاعلة فى أن تلقى جانباً الطفيل *Benjaminia euphydryadis* (Ichneumonidae). كذلك وجد أن عذراء فراشة الغجر *Lymantria dispar* تستمد نفوذاً من الإتصال بغشاء حريرى قوسى الشكل يأخذ الشكل المنجلى وبذلك يجعل الطفيل *Brachymeria intermedia* واقعاً فى شرك ويوقف أو يتجنب الهجوم عليها.

تُسقط بعض الحشرات نفسها عمداً من على النبات إذا ما إكتشفت طفيل قريب منها. تُلقى كثير من يرقات حرشفيات الأجنحة بنفسها من على النبات، لكن تبقى مرتبطة به بواسطة خيط حريرى دقيق. وبعد تدليها تحت النبات لفترة، فإنها تصعد ثانية مستأنفة تغذيتها. من الأمثلة على هذا السلوك يرقات ديدان البرسيم الخضراء *Plathypena scabra* (Noctuidae) التى تستكين بين نوبات التغذية معلقة بخيط أسفل الورقة، إلا أن واحداً من طفيلياتها وهو الطفيل البراكونيدى *Diolcogaster facetosa* يكون قادراً على أن ينزلق slide down أسفل الخيط الحريرى واضعاً بيضة على تلك اليرقة المعلقة. ولكى يتم هذا يمسك الطفيل الخيط بأحد أرسغه الأمامية وأحد أرسغه الخلفية مستخدماً أرجل نفس الجانب من الجسم. تكون عملية وضع البيض واضحة وسريعة، بالرغم من أنه فى حالات أخرى قد يسقط كل من العائل والطفيل على الأرض. وليس من الضرورى بالنسبة للطفيل أن يتتبع الخيط لملاقاة العائل على ورقة النبات، إذ يستطيع الطفيل ملاقاة عوائله المستكينة بين نوبات التغذية feeding bouts. تُهاجم هذه اليرقات بالطفيل البراكونيدى *Cotesia marginiventris* والذى بدوره يتطفل عليه الطفيل الثانوى *Mesochorus discitegrus* (Ichneumonidae). عند ملاقاة يرقة معلقة بواسط الخيط، فإن الطفيل الثانوى يلف reel up الخيط، ويفحص اليرقة، واضعاً بيضة فيما لو إحتوت فعلاً على الطفيل الأولى.

هناك إستراتيجية أخرى من وسائل الدفاع شائعة بين الحشرات هى إفراز قطرات من سائل لزج من الفم، من الممكن أن يحتوى على توكسينات، أو قد يتجلط ويلتصق الطفيل به. وكذلك وجد أن حشرة *Heliothis virsescens* تقذف الطفيل *Cotesia nigriceps* بإفراز فمى كريه الرائحة تتقيأه من فمها مما يضطره لوقف وضع البيض وتطمير جسمه بلعقه إياه. أيضاً وجد أن إكتشاف الحشرات الكاملة للطفيل *Elasmus polistis* (Eulophidae) داخل أعشاش الزنابير من نوعى *Polistes instabilis* و *Polistes exclamans* يجعل الحشرات الكاملة للزنابير تبحث عن الحشرات الكاملة للطفيل وكذلك الأطوار غير الكاملة سواء داخل العش أو خارجه وتقتلها. كذلك فإن الشغالات الصغيرة من نوع النمل *Atta cephalotes* تحمل على قطع من الأوراق منقولة بواسطة الشغالات الكبيرة إلى العش حيث تكون نشطة فى الدفاع عن الشغالات الكبيرة ضد هجمات الطفيليات التابعة لعائلة Phoridae. كذلك تفرز حشرات المن مادة شمعية من زوائدها الذنبية siphunculi ممكن أن تطرد الطفيليات. تنزف بعض الأنواع بغزارة عندما تجرح، ويمكن أن يعيق هذا الدم المتجلط الطفيل من أن يضع أى بيض.

يعتبر تخدير العائل من أهم السبل المضادة لحركة العائل. تقوم معظم الطفيليات برشق ووخز العائل بآلة وضع البيض إلى أن يشله السم، وعندئذ فقط يستطيع الطفيل من أن يضع بيضه على مهل. ممكن أن يدوم شلل العائل، لكن فى حالة الطفيليات التى لا تميت عوائلها koinobionts يستعيد العائل نشاطه ويستمر فى التغذية. هناك تحور آخر وهو إمتلاك الطفيل لفكوك علوية أو كلابات chelae قوية يمكن إستعمالها فى القبض على العائل. تمتلك إناث الزنابير من عائلة Dryinidae أرساغ قانصة raptorial كبيرة ذات مخالب تستعملها فى خطف فرائسها من رتبة متشابهة الأجنحة. هناك العديد من أجناس تحت عائلة Euphorininae (عائلة Braconidae)، التى تهاجم الخنافس البالغة، يكون بها فكوك علوية قوية تستعملها فى القبض على العائل أثناء القيام بعملها الشاق فى وضع البيض داخل هذه الحشرات المدرعة تماماً. فى مجموعة أخرى من طفيليات تحت هذه العائلة تمسك الإناث عوائلها بواسطة أرجلها، بينما يمتلك جنس آخر قرون إستشعار قانصة.

هناك عدد من العوائل تجابه مهاجميها محاولة قتلها. وكما هو متوقع، فإن أنواع العوائل التى تستخدم هذه الإستراتيجية غالباً ما تكون مفترسات أكثر منها عاشبات. فى هاواى، على سبيل المثال، يكون لفراشات عائلة Geometridae يرقات مفترسة تكون قادرة تماماً على مهاجمة وأكل طفيلياتها من عائلة Bethylidae. كذلك فإن أنواع عائلة Ichneumonidae التى تهاجم العناكب (على سبيل المثال جنس *Polysphincta*) يمكن أن تُقتل بواسطة عوائلها. أيضاً فان يرقات *Mythimna separata* تستطيع، إذا ما تمكنت من الإمساك بإناث طفيلها *Cotesia kariyai* عند التطفل، من قتلها والتغذية عليها. وكذلك تهاجم يرقات العائل *Pieris brassicae* طفيلها البراكونيدى *Cotesia glomerata* أثناء التطفل (شكل ٥:١١).

شكل (٥:١١) يرقة العائل *Pieris brassicae* أثناء مهاجمتها للطفيل *Cotesia glomerata* أثناء التطفل

قد تسمح عمداً بعض الطفيليات بأن تُهاجم بواسطة عائل مفترس. يستفز الطفيل الكالسيدى *Lasiochalcidia igiliensis* أسد المن *Myrmeleon* sp. لكى يخرج من حفرته ويمسك أرجل الطفيل المدرعة. ومن هذا الوضع، يكون الطفيل قادراً على وضع بيضه خلال الغشاء ما بين رأس العائل وصدره.

تلعب رعاية الأم للصغار دوراً هاماً فى كثير من حشرات رتبة نصفية الأجنحة، وغمدية الأجنحة، وجلدية الأجنحة (شكل ١٢:٥). وكذلك حشرات عائلة Membracidae فى حماية والدفاع عن صغارها (كتل البيض – الحوريات) ضد الأعداء الحيوية. وفى مثل تلك الحالات التى يُظهر فيها العائل رعاية أموية، فإنه يجب على الطفيل أن يحاول تجنب الحشرة الراعية قبل أن يتمكن من مهاجمة صغارها. تستخدم البقة *Antiteuchus tripterusi* أرجلها وقرون إستشعارها للدفاع عن كتلة بيضها عند إقتراب نوعين من طفيليات البيض التابعة لعائلة Scelionidae، هما الطفيل *Trissolcus bodkini* والطفيل *Phanuropsis semiflaviventris*. تكون هذه الإستراتيجية ناجحة إلى حد ما عندما يستطيع الطفيل ان يهدم ويضع البيضة قبل ان يتم ملاحظته من قِبل البقه أو عندما تكون ساهية.

شكل (١٢:٥): الرعاية الأموية لأنثى إبرة العجوز التي ترعى البيض داخل حجرة وضع البيض (الحسيني ، ١٩٦٩).

تواجه الطفيليات التى تهاجم يرقات حشرات إجتماعية ذات حراسة قوية مشاكل خاصة عنيفة. تستخدم هذه الطفيليات إحدى إستراتيجيتين. تكون بعض الأنواع الطفيلية مسلحة تماماً ومحصنة ضد الوخزات والفكوك العلوية للحشرات المدافعة. على سبيل المثال، يهاجم الطفيل

الإكنيومونيدى *Ichneumon eumerus* يرقات أبى دقيق الأزرق الكبير *Maculinea rebeli* فى عشوش النمل، حيث يهاجم بعديد من شغالات النمل. يستطيع هذا الطفيل ان يقاوم من خلال إمتلاكه لجدار جسم سميك قوى، وأيضاً من خلال إنتاج فيروموناً مسبباً للدفاع يتسبب فى أن يهاجم النمل بعضه بعضاً. أما الإستراتيجية الثانية، فهناك طفيليات من أنواع أخرى يتم تجاهلها بواسطة العائل ومن المحتمل أنها تحاكى عوائلها كيميائياً. يتم تجاهل اليرقات البلانيدية لطفيليات عائلة Euchertidae، التى تتطفل على يرقات وعذارى النمل، بواسطة الحشرات الكاملة للنمل. كذلك تم وصف مورفولوجيا وسلوك يرقات الطفيل *Echthrodapa africana* (Perilampidae) التى تتطفل خارجياً على يرقات النحل *Braunsapis* sp. (Anthophoridae). توجد عشوش النحل فى سيقان مفرغة وتقوم الحشرات الكاملة للنحل بإعادة ترتيب وضع اليرقات النامية بهمة ونشاط. تمتلك يرقات الطفيل *A. Africana* شعيرات طويلة وأقدام كاذبة مما يجعلها تتشابه مع يرقات العائل، وبذا يمكنها الهروب من تتبع النحل.

أخيراً، فهناك بعض العوائل التى يتم حراستها وحمايتها من الطفيليات. يقوم أفراد متخصصة من طائفة النمل قاطع الأوراق بحماية الشغالات العادية من النمل من مهاجمة ذبابة طفيلية من جنس *Apocephalus* (Phoridae)، كذلك تتمتع أبى دقيقات عائلة Lycaenidae بحماية ضد بعض الطفيليات بسبب رعاية النمل لها. وهناك من الظواهر من أن النمل الراعى للمن يؤثر على نسبة التطفل على المن بواسطة طفيليات تحت عائلة Aphidiinae . ليست كل انواع النمل تهيىء حماية فاعلة ضد الحشرات، فبعض أنواع النمل تكون أكثر عدوانية من غيرها وتختلف فيما بينها فى التعرف على الأنواع المختلفة من الحشرات الطفيلية، والأغرب من ذلك، انه فى بعض الحالات قد يزيد تواجد النمل من نسبة التطفل. يُبعدُ النمل من جنس *Formica* الطفيل *Xenostigmus bifasciatus* (Braconidae) عن مستعمرات المن *Cinara* spp.، ويمكن له أيضاً ان يشكل ساتراً حامياً بين المَن والطفيل.

دفاع الطفيليات ضد المفترسات

تُهاجم كوامل الطفيليات، كغيرها من الحشرات، بمدى واسع من المفترسات، كما أنها، بالتالى، تُؤتى بمجموعة من الوسائل المضادة لهجومها. فى عديد من الطفيليات غشائية الأجنحة، يكون الرأس والصدر مغطى بطبقة كيوتكيولية سميكة مما يعطى حماية ضد المفترسات. تكون بطون غالبية الأنواع الطفيلية أقل إحتماءً، بالرغم من أنه فى مجاميع عديدة تكون الحلقات الترجية للبطن، على الأقل مكيتنة، مكونة فى بعض الحالات درقة ظهرية حامية. تكون الذنابير

التابعة لعائلة Chrysididae جميلة التلوين، مدرعة تماما، وتتكور حول نفسها عند مهاجمتها بالمفترسات. تُهاجم عديد من أنواع هذه العائلة، والتى تحتوى على أنواع غير طفيلية، يرقات الذنابير الإنفرادية وهنا يعمل جدار جسمها كحماية ضد إناث الزنابير التى تحرس صغارها.

تستعمل طفيليات عائلة Ichneumonidae، Braconidae آلة اللسع للدفاع عن نفسها ضد المفترسات. قد يشعر الإنسان بلسعتها، لكن عادة لا تكون مؤلمة، وذلك على العكس من لسع أفراد عائلة Mutilidae إذ تكون مؤلمة جداً، وهناك إعتقاد راسخ أنها كانت سببا فى موت عدد كبير من أفراد الحرس البريطانى أثناء إستعمارها لقبرص عام ١٨٧٨. يُنتج عدد من طفيليات عائلتى Ichneumonidae، Braconidae رائحة كريهة عند إنتشارها، كما تمتلك أفراد من العائلة الأولى Ichneumonidae مخالب كبيرة أو أشواك طويلة تبرز خلف المخالب يعتقد أنها تُكسَر break off وتُغرس embedded فى رقاب المفترسات.

تكون عديد من الطفيليات، وبصفة خاصة أنواع المناطق الإستوائية، ذات ألوان زاهية وتمتلك توزيعاً لوناً مميزاً. تُظهر هذه الطفيليات نوعاً من المماثلة (المحاكاة) لأنواع من المفترسات.على سبيل المثال، تم حصر التوزيع اللونى المتواجد فى مجموعة واحدة من الطفيليات وهى تلك التابعة لتحت عائلة Braconinae (عائلة Braconidae) وأمكن وصف الإثنى عشر نوعاً الأكثر شيوعاً. وجدت الأفراد المتشابهة تماماً فى اللون والعلامات فى أجناس متباينة تقسيمياً، والأكثر من هذا أن نفس هذا التوزيع اللونى وجد فى تحت عائلات أخرى من نفس العائلة، وفى أنواع مختلفة من البق المفترس من عائلة Mantispidae (Neuroptera)، وفراشات عائلة Amatidae (Lepidoptera)، وفى أغلب خنافس حفارات الخشب من تحت عائلة Lamiinae (Cerambycidae) ويظهر أن مثل هذه المماثلة اللونية تتواجد فى طفيليات عائلة Ichneumonidae والتى لم تدرس تفصيلياً.

هناك بعض الحالات الواضحة تماماً للمماثلة فى طفيليات المناطق المعتدلة. عادة ما تكون طفيليات عائلة Conopidae التى تهاجم وتتطفل على النحل والزنابير ذات أشرطة سوداء وصفراء متشابهة مع النحل والزنابير ونادراً ما يكون هناك هذا التناظر الكامل بين طفيل وعائله الخاص.

من أمتع نماذج المحاكاة ما يتواجد بصفة خاصة بين العوائل وطفيلياتها، والفرائس ومفترساتها التى تتماثل لونيا. هناك عدد قليل من الزنابير التابعة لعائلة Leucospidae تتشابه مع عوائلها من غشائيات الأجنحة اللاسعة Aculeate Hymenoptera. كذلك فإن بعض حشرات عائلة Cerambycidae تتشابه مع طفيلياتها من عائلة Ichneumonidae، حيث من المحتمل أن يكون

الزنبور هو النموذج الأصلى أكثر من أن يكون مماتناً، وهو أكثر ندرة من العائل ولذلك فإن المفترسات الفاعلة سوف تتعلم أن ترتبط بتوزيع اللون والرائحة معاً.

هناك أيضاً بعض أنواع من الجنس *Lebia* تشابه تماما أنواع عوائلها من الخنافس البرغوثية (Halticinae) وقد سمى العائل بهذ الأسم نظراً لقدرته على أن يقفز عند مجابهته لأحد المفترسات. ويعتقد أن المفترسات تتجنب الخنافس البرغوثية لعدم القدرة على الإمساك بها وأن طفيلياتها هى المماتنة لها. تكون بعض الخنافس الإستوائية من عائلة Chrysomelidae عالية السمية لدرجة أنها تستخدم كسم للرماح. يتطفل على هذه الخنافس أيضا خنافس أرضية من جنس *Lebistina* (Carabidae) والتى أصبحت محاكية لعوائها. من الأمثلة أيضا على التقارب اللونى بين العائل والطفيل ما بين الخنافس من جنس *Phoracantha* (Cerambycidae)، وهى آفة لأشجار الكافور فى أستراليا، ذات شرائط فاتحة وداكنة على الصدر والغمدين، تتشابه فى ذلك تماماً مع أربع أجناس على الأقل من طفيلياتها التابعة لعائلة Braconidae. ويظهر أن كل جنس قد أكتسب الصفات اللونية المميزة له مستقلاً عن الآخر. ففى أثنين من هذه الأجناس نتجت الشرائط الفاتحة من خلال ترسيب الصبغات، بينما فى الجنسين الآخرين فإن الشرائط قد نتجت من طبقة كثيفة من الشعيرات العاكسة. ولكن ليس من الواضح أى من الأنواع هو النموذج الأصلي وأيهما هو المحاكى. تحدث المحاكاة الشرسة عندما يموه Camouflage طفيل أو مفترس يشابه عائل أو فريسة عند الاقتراب. هناك عدد من الأمثلة للمماتنة الشرسة بين المفترسات، لكن لا توجد حالات مماثلة بين الطفيليات.

يمتلك عديد من الطفيليات، وبصفة خاصة طفيليات عائلة Ichneumonidae علامات مميزه بيضاء على قرون إستشعارها، إما عند القمة أو تحتها بقليل. كذلك تكون أغماد آلة وضع البيض فى عدد من الطفيليات الإستوائية من تلك العائلة بيضاء فى أطرافها، لكن ليس من المعلوم تماماً وظيفة هذه العلامات البيضاء، لكن هناك أحد الإفتراضات هى أنها تجعل المفترس ينحرف أو ينتحى بعيداً عن هذا الجزء الحيوى من جسمها. غالباً ما تكون الطفيليات ذات آلة وضع البيض الطويلة معرضة لخطر الإفتراس أثناء عملية وضع البيض، لكن فى هذا الوقت تكون أغماد آلة وضع البيض القابلة للإمتداد expandable (ليس آله وضع البيض) بارزة خلف الحشرة. وبالتالي، فإن العلامات البيضاء على قرن الإستشعار يمكن أن تسهم فى تقدير حجم العائل، بينما تسمح علامات غمد آلة وضع البيض للطفيل أن يرى موضع آلة وضع البيض. تبحث بعض الطفيليات عن عوائلها أثناء الليل، وقد يعتبر هذا تحوراً للتقليل من إفتراسها.

٣ – سلوك إختيار العائل فى طفيليات البيضة

Host Selection Behavior for Egg Parasitoids

تعرف بيضة الحشرات على أنها خلية حيوانية متطاولة غنية بالمواد الغذائية فى صورة مخزنة لحين الحاجة اليها عند بدء وتكملة النمو الجنينى، وهى محاطة بغلاف واق يعرف بالكوريون أو القشرة chorion. يتم وضع بيض الحشرات فى أوساط مختلفة مثل الماء، والصخور، وأسفل سطح التربة، وفوق سطح التربة، أو قد يكون مغروساً داخل الأنسجة النباتية مثل بيض التربس أو بق الأزهار .*Orius* spp، يوضع البيض فردياً singly أو فى كتل egg masses، وقد يكون مغلفاً أو غير مغلف بمواد لاصقة للحماية.

تعتبر الطفيليات التى تهاجم وتنمو داخل بيض الحشرات من الأنواع الطفيلية القاتلة لعوائلها idiobionts حيث أن الطور المتطفل عليه هو طور ساكن غير متحرك وغير متغذ. وهناك مجموعتين أساسيتين من الطفيليات القاتلة لعوائلها هما:–

١ – **المجموعة الأولى**: وتهاجم الطفيليات التابعة لها عوائل نشيطة (مثل الطفيليات التى تهاجم يرقات الحشرات العاشبة herbivorous larvae). فى هذه الحالة تقوم هذه اليرقات بإفراز وإخراج كيرومونات وروائح يعتمد عليها الطفيل فى بحثه عن العائل. كما أن هذه الطفيليات تقوم بقتل عوائلها (تخديرها) وعدم السماح لها بالنمو أو التغذية حال التطفل عليها.

٢ – **المجموعة الثانية**: وهى مجموعة الطفيليات التى تهاجم عوائل غير متحركة وغير نشطة (مثل طفيليات البيض والعذارى). وعلى ذلك فإن طور البيضة غير المتحرك لا ينبعث منه أو ينبعث منه كمية قليلة من المواد لجذب الطفيل وبالتالى فإن طفيليات البيض أو العذارى خاصة طفيليات البيض تواجه تحدياً كبيراً خلال عملية وصولها للعائل.

أيضا من المعروف أن بيض الحشرات ينمو بصورة سريعة وأن المواد المخزونة بها تكون جاهزة لتكوين أنسجة جنينية محددة، وأن هذه المصادر الغذائية هي محدودة للغاية. ذهب بعض العلماء إلى القول بأن المواد الغذائية والطاقة داخل بيض الحشرات تبقى ثابتة أثناء طور النمو الجنينى داخل البيضة. وقد اعترض كثير من العلماء المتخصصين على هذه الفرضية حيث ثبت على سبيل المثال وبما لا يدع مجالاً للشك أن الطفيل *Edovum putleri* التابع لعائلة Eulophidae لا يفضل التطفل على بيض عائله المتقدم فى العمر علاوة على أن نسبة موت الطفيل (إذا حدث تطفل على بيض متقدم فى العمر) تكون مرتفعة للغاية. أيضا ثبتت هذه الظاهرة فى كثير من الطفيليات كدليل قاطع على إستنفاذ المواد الغذائية فى النمو الجنينى ليرقة العائل داخل البيضة وبالتالى عدم صلاحيتها لنمو الطفيل، مقارنة ببيض حديث العمر لنفس العائل.

التحديات التى تواجه إختيار العائل فى طفيليات البيضة

Challenges regarding host selection by egg parasitoids

لعل من المهم هنا أن نذكر أن هناك عدة خواص تزيد من التحديات التى تواجه طفيليات البيضة عند البحث وإختيار العائل وهى:-

١- أن بيضة العائل صغيرة جداً فى الحجم بحيث لا يمكن رؤيتها بوضوح.

٢- تنخفض جودة بيض الحشرات كعائل للطفيليات الحشرية بمرور الوقت.

٣- أن الفترة التى يتواجد فيها البيض فى الطبيعة تكون قصيرة جدا قد تتراوح بين ٢-٣ يوم فى بعض الحشرات، وفى بعض الحشرات الأخرى، خاصة التى لها جيل واحد فى العام، تكون فترة توفر البيض فى الطبيعة محدودة للغاية.

٤- أظهرت كثير من الدراسات أن بيض الحشرات لا يعلن عن نفسه أو بمعنى أخر تكون كمية ونوعية المواد المتطايرة والروائح المختلفة المرتبطة به أو المنبعثة منه محدودة للغاية، مقارنة بالأطوار الأخرى كالطور اليرقى مثلاً.

٥- نظراً لأن طور البيضة طوراً غير متحرك فإنه لا يصدر عنه ذبذبات معينة نتيجة الحركة والتى تساعد كثيراً طفيليات اليرقات أو الحوريات فى الوصول إليها.

٦- حتى عند ملاقاة الطفيل لبيض عائله الحشرى، فإن هذا لا يعنى قبوله وتطفله عليه إذ قد يكون متقدماً في العمر مما يؤدى إلى تغير نسب الروائح المتطايرة إلى مواد غير متطايرة تؤدي إلى رفض الطفيل للبيض من الفحص الخارجى external examination له بواسطة قرون الإستشعار قبل الفحص الداخلى internal examination بواسطة آلة وضع البيض.

٧- تزداد صعوبة ملاقاة الطفيليات الحشرية لبيض عوائلها الحشرية فى حالة الحشرات التى تضع بيضاً داخل الأنسجة النباتية مما يؤدى إلى إختلاط الروائح المرتبطة بالبيض مع تلك الخاصة بالعائل النباتى مما يزيد من صعوبة وصول الطفيل للعائل. من أمثلة ذلك طفيل البيضة-عذراء *Biosterus* (*Opius*) sp. المتطفل على ذبابة الفاكهة حيث غالباً ما يعتمد الطفيل فى الوصول لعائله على إستخدام وسائل أخرى للإستدلال على مكان وضع البيض مثل فيررمونات التعليم marking pheromone الذى تتركه إناث ذبابة الفاكهة لتعليم الثمار الموضوع بها البيض لتفادى وضع البيض مرة أخرى بواسطة نفس الأنثى أو إناث أخرى لتجنب المنافسة.

مما تقدم يتضح أن طفيليات البيض تواجه صعوبات وتحديات كثيرة وعليها أن تواجهها وتتغلب عليها بطرق مختلفة. يوضح (شكل ١٣:٥) الخيارات المطروحة أمام طفيليات البيضة عند ملاقاتها لعوائلها وهي:-

أولاً: يسرع من نموه.

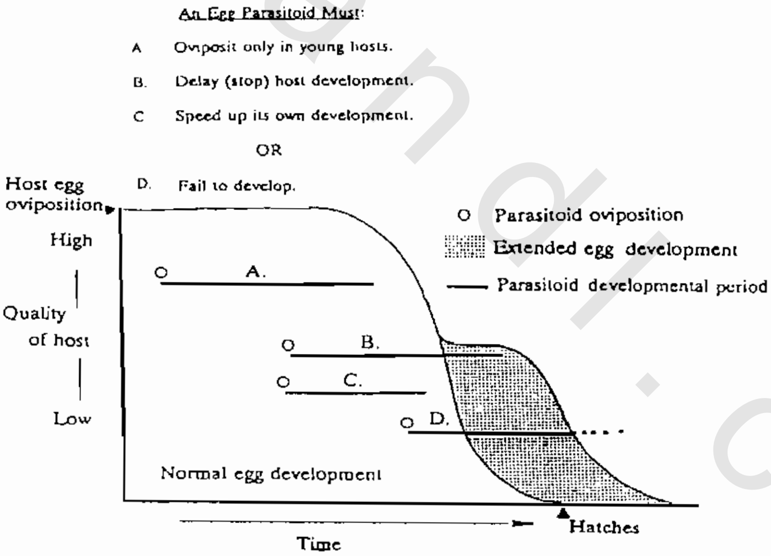
ثانياً: يؤخر أو يوقف نمو العائل.

ثالثاً: يوضع البيض في عوائل حديثة فقط.

رابعاً: أو يفشل في النمو.

أولاً: الإسراع من نمو الأطوار غير الكاملة للطفيل

من المتوقع أن تقوم بعض طفيليات البيض عند تطفلها على بيض متقدم في العمر بالإسراع من نمو أطوارها غير الكاملة. ولو أنه لا يوجد دليل علمي مؤكد circumstantial evidence على هذه الظاهرة. عموماً فإن الإسراع في نمو الأطوار غير الكاملة للطفيل يتركز أساساً على طور اليرقة. والسؤال المهم الآن هو هل لدى يرقات الطفيليات الداخلية القدرة على الإحساس وتقييم الوضع الداخلي لبيض العائل؟. يحتاج هذا السؤال لمزيد من الفحص والتدقيق والتجارب العملية للتأكيد والإثبات.



شكل (١٣:٥) الخيارات المطروحة أمام طفيليات البيضة عند ملاقاة عوائلها (فينسون Vinson ، ١٩٩٨).

ثانياً: تأخير نمو العائل Delay host development

لعل الخيار الأكثر حظاً هنا هو قيام الطفيل بتأخير وإبطاء نمو بيض العائل وزيادة فترة إستخدامه كمصدر للغذاء. وجد فى طفيل البيضة *Telenomus heliothidis* المتطفل على بيض دودة الدخان *Heliothis virescens* عمر ٦٣ ساعة (أى قبل ٩ ساعات فقط من فقس البيض) أن فترة نمو بيضة العائل قد أطيلت لمدة قد تصل إلى ٦٠ ساعة أخرى لتلائم نمو الطفيل داخل بيضة العائل. تم تأكيد هذه الفرضية أيضاً فى طفيل التريكوجراما، وعموماً فهى تكون أكثر وضوحاً فى العوائل ذات فترات النمو القصيرة للبيض.

ثالثاً: التطفل فقط على البيض الحديث Oviposition in young host eggs

فى هذه الحالة تفضل الطفيليات وضع البيض فى بيض العوائل حديثة الوضع، وذلك لإتاحة الفرصة والوقت اللازم لنمو أطوارها غير الكاملة. فى هذه الفرضية، هناك عدة إستراتيجيات مختلفة قد تتبعها الطفيليات حتى يمكنها الوصول لبيض العائل حديث العمر فقط كما هو موضح فى جدول (٥:٤).

١) مقابلة كل العوائل وتفضيل البيض الأقل عمراً

يميل كثير من العلماء لمثل هذا الاختيار كأحد الطرق المتاحة أمام الطفيليات خلال عملية البحث عن العائل. هناك بعض الدراسات التى أثبتت أن طفيليات البيض oophage parasitoids تفضل البيض حديث الوضع حيث وجد أن الطفيل *Trichogramma evanescens* يرفض البيض القديم لعائله. وقد يرجع ذلك الرفض إلى التغير فى شكل وقوام البيضة نتيجة لنمو الجنين داخلها وبالتالى تغير الشكل عن الشكل الكروى المفضل. أيضاً وجد أن بيض حشرة *Heliothis virescens* كلما أصبح مخروطى الشكل كلما قلت قابلية الطفيل *Telenomus heliothidis* للتطفل عليه. أيضاً وجد أن عدم قدرة الطفيل *Patasson lamcerei* (Mymaridae) على مهاجمة البيض القديم لعائله يرجع أساساً لزيادة صلابة القشرة. أيضاً لوحظ زيادة الفترة اللازمة للتطفل بواسطة الطفيل *Uscana lariophaga* (Trichogrammatidae) عند تطفله على بيض عائله (بيض خنافس عائلة Bruchidae) بسبب المقاومة التى تبديها قشرة البيضة المتقدمة فى العمر. وقد يعود الرفض أيضاً إلى التغير فى نشاط الكيرومونات الموجودة على البيض القديم حيث ثبت أن صلاحية بيض حشرة البقة الخضراء *Nezara viridula* وتركيز الكيرومونات فى مستخلصات من البيض القديم كانت قليلة الجاذبية للطفيليات. أيضاً قد يحدث الرفض قبل التطفل وبعد غرس آلة وضع البيض

وذلك لإكتشاف وجود سموم أو يرقات منافسين آخريين أو مواد كيميائية طاردة أفرزت أثناء غرس أنثى طفيل آخر لآلة وضع البيض داخل بيضة العائل.

جدول (٤:٥): يوضح الإستراتيجيات المختلفة لطفيليات البيض أثناء البحث عن العائل حديث العمر

الإستراتيجية	الميكانيكية
١) مقابلة كل البيض ومهاجمة الحديث منها فقط	فى هذه الحاله يتم رفض العمر الكبير من البيض وهذا غالباً يرجع إلى: ١-التغير فى روائح التعرف على العائل. ٢- التغير فى الشكل الطبيعى للعائل. ٣-التغير فى الصفات الطبيعية للعائل. ٤-التغير فى كيميائيات قبول العائل ويتم ذلك عن طريق الإختبار الخارجى (قرن الإستشعار أو خلافه) أو الإختبار الداخلى (آلة وضع البيض).
٢) مقابلة العائل الحديث فقط أ- يتواجد قبل تواجد العائل	١- يصبح الطفيل معاشر راكب phoretic على أنثى أو ذكر العائل الحشرى. ٢- يستجيب الطفيل للفيرومون الجنسى الصادر من أنثى أو ذكر العائل (قبل التزاوج) أو يستجيب لفيرومونات التجمع.
ب- يبحث فقط عن العائل حديث العمر	١- يستجيب الطفيل إلى المواد المفرزة من أنثى العائل أثناء وضع البيض مثل المواد الغروية اللاصقة للبيض بالعائل النباتى أو التى تجمع البيض معاً فى شكل كتل أو أكياس بيض. ٢- يستجيب الطفيل للمواد التى تنبعث أو تصدر من العائل النباتى أثناء أو بعد وضع البيض من قبل أنثى العائل الحشرى.

(فينسون Vinson، ١٩٩٨)

٢) مقابلة بيض العائل الحديث فقط Locating young host eggs only

وهذه إستراتيجية صعبة للغاية ويتم تقسيمها إلى عدة إستراتيجيات هى:-

أ- التواجد قبل وجود العائل (إستراتيجية الكمين) presence before host (ambush strategy)

١- تكون أنثى الطفيل محمولة أو منقولة phoretic

لعل من المهم هنا أن نذكر أن هناك كمين يتم نصبه للعائل بواسطة أنثى الطفيل ومن أهم مظاهره التطور الواضح فى ظاهرة المعاشرة بالإنتقال evolution of phoresy. ذكرت كلمة phoresie لأول مرة فى تقرير علمى عنها مقدم من Warner عام ١٩٠٣، ثم بعد ذلك تم تعديل كلمة phoresie للغة الإنجليزية لتصبح phoresy بواسطة العالم Howard عام ١٩٢٧م. وكلمة phoresy تعنى إنتقال بعض الحشرات على أجسام بعض الحشرات الأخرى بغرض آخر وليس التطفل المباشر عليه.

تم تسجيل العديد من الأمثلة الواضحة لهذه الظاهرة فى طفيليات عائلة Trichogrammatidae وكذلك طفيليات عائلة Scelionidae. على سبيل المثال، فى حالة الطفيل *Mantibaria manticida* المتطفل على بيض فرس النبى *Mantis religiosa*، تقوم أنثى الطفيل بمقابلة ذكر فرس النبى والركوب على ظهره وتبقى هكذا حتى تمام عملية التزاوج وهنا تنتقل أنثى الطفيل إلى أنثى فرس النبى وتسكن الإناث أسفل جناح أنثى فرس النبى حيث تعيش على بعض الإفرازات التى تخرج من جرح صغير تصنعه لنفسها فى هذا المكان. قبل وضع البيض مباشرة، تنتقل أنثى الطفيل إلى المنطقة التناسلية لأنثى فرس النبى وعند بداية وضع البيض لفرس النبى، تقوم أنثى الطفيل غير المجنحة فى الدخول فى كيس البيض وتبدأ فى التطفل عليه وعند إكتمال فرس النبى وضع البيض تكون أنثى الطفيل قد أكملت التطفل على كل البيض الموضوع ثم تركب مرة أخرى على ظهر أنثى فرس النبى وعلى ذلك تستطيع أنثى الطفيل التطفل على أكثر من كتلة بيض. كذلك تُحمل إناث الطفيل من جنس *Telenomus* على الشعيرات المتواجدة حول الفتحة الشرجية لإناث عائلها من عائلة Lymantridae كى تتمكن من التطفل على البيض عند وضعه.

أيضاً تم تسجيل التطفل على بيض نطاطات الأوراق grasshopper وكذلك الفراشات بنفس الطريقة من قبل طفيليات الترايكوجراما أو طفيليات عائلة Scelionidae. فى حالة نطاطات الأوراق، تلتصق أنثى الطفيل بمنطقة البطن، أما في حالة الفراشات فإنها تلتصق بالأجنحة ولعل من المهم أن نذكر أن القليل فقط هوالمعروف عن كيفية ملاقاة أنثى الطفيل الراكبة أو المحمولة بالعائل، وقد تمت معظم التقارير والدراسات على عائلة Scelionidae. وجد على سبيل المثال، أن

مادة isobutyrate تجذب الطفيل المنقول *Telenomus euproctidis* وكذلك ذكور فراشة Tussock moth للإناث العذراء التى لم يسبق تلقيحها. أيضاً وجد أن الفيرومون الجنسي للبقة *Podisus maculiventris*، وهو مخلوط من (E) –Z-hexenal, x terpineol, linaloal, terpinen, phenyl alcohol، جاذباً للطفيل المحمول (الراكب) من النوع *Telenomus calvis*. كذلك يتواجد الطفيل *Xenufenus* sp. التابع لعائلة (Trichogrammatidae) على ذكر من عائلة Nymphalidae ثم ينتقل بعد ذلك إلى الأنثى أثناء عملية التزاوج، ولكن ليس من المعروف بدقة هل يفرز الذكر هنا مادة جاذبة لجذب الإناث للتزاوج. من الطبيعى أن تنجذب إناث الطفيليات للفيرومون الجنسى لعوائلها فإذا كان المفرز هو الذكر فإنها ترتبط به أولاً حتى تنتقل للأنثى أثناء عملية التزاوج. بديهياً أن نذكر هنا أن عملية المعاشرة بالإنتقال ليست صفة عامة لكل أنواع طفيليات البيض ولكنها تكمن فى عمل كمين ambush لإناث عوائلها قبل وضع البيض ولكنها أيضاً، كما ذكر كلوسين Clausen عام ١٩٧٦، تحقق للطفيل فائدة من حيث سهولة الحصول على بيض وفير حديث الوضع وقبل أى نمو جنينى داخل هذا البيض. كذلك إتاحة الفرصة للوصول للبيض المغلف أو المعلب داخل أكياس وضع البيض مثل بيض فرس النبى.

٢– تكون أنثى الطفيل غير محمولة أو منقولة Aphoretic

الإستراتيجية الثانية لحالة الكمين ambush strategy هى أن تستجيب أنثى الطفيل للمنطقة التى سوف يوضع فيها البيض والوصول إليها قبل وضع البيض، على ذلك فهى تنتظر العائل فى المكان المتوقع لوضع البيض. لا تكون مثل هذه الطفيليات منقولة aphoretic ولكنها غالباً ما تعتمد على إستقبال فيرومون جنسى فتذهب مبكراً لتنتظر العائل فى المكان الموعود والذى سوف يحدث فيه التزاوج ووضع البيض. هناك العديد من الأمثلة لطفيليات عائلة Scelionidae وعائلة Trichogrammatidae. على سبيل المثال، وجد أن الطفيل *Telenomus remus* المتطفل على بيض حشرة *Spodoptera frugiperda* ينجذب الى مستخلص نهاية بطن الأنثى المحتوى على مادتى (Z)-9-tetradecene-1- ol-acetate ومادة (Z)-9-dodecene-1- ol-acetate. كذلك وجد أن نفس الطفيل يتطفل على عدد كبير من بيض العائل فى طبق بترى أو على نباتات معاملة بواسطة مستخلصات من نهايات بطن العائل أو المواد النشطة والفعالة فى هذا المستخلص مقارنة ببيض غير معامل بهذه المواد. وقد ثبت بعد ذلك أن هذه المواد هى مواد تعمل كفيرومون جنسى وبالتالى فإن الطفيل ينجذب اليها وينتظر فى المكان المحدد لإتمام عملية التزاوج ووضع البيض. ذكر أيضاً أن بعض طفيليات البيض قد تأتى الى الحقل متأخرة وبعد إتمام عملية التزاوج وبداية وضع البيض وبالتالى فإن البيض الموضوع أولاً قد يهرب من التطفل عليه.

(ب) البحث عن بيض العائل الحديث فقط only locate young host egg

فى هذه الحالة تعتمد أنثى الطفيل فقط على روائح محددة للغاية للعائل صغير العمر. وبديهياً فإن هذه الإستراتيجية تكون صعبة جداً وليس عليها الكثير من البراهين العملية. ثبت بالتجربة إمكانية حجز أو مسك الطفيل .*Trichogramma* sp فى المناطق الملوثة أو المعاملة ببقايا عائله. وقد وجد أن بعض المواد النشطة هى هيدروكربونات hydrocarbons، ومجموعة من الأحماض العضوية organic acids. يكون للمجموعة الأولى من هذه المواد خاصية التطاير بعكس الأحماض العضوية غير المتطايرة مكونة أملاحاً ملتصقة بالسطح وعلى ذلك، وبمرور الوقت، تتغير نسبة الهيدروكربونات hydrocarbons إلى الأحماض العضوية وبالتالى تستطيع أنثى الطفيل أن تكتشف ذلك وتبدأ فى نشاطها والبحث عن العائل الذي تكون نسبة الهيدروكربونات hydrocarbons إلى الأحماض العضوية فيه عالية وهذه موجودة فقط فى البيض حديث الوضع.

٤ – إختيار الفريسة والتخصص الفرائسي Prey Selection and Prey Specificity

مما لا شك فيه أن المعلومات المتاحة والمتوفرة عن إختيار الفريسة والتخصص الفرائسي أقل قليلاً عن تلك المتوفرة عن الطفيليات الحشرية. لكن من المسلم به أيضاً أن المفترسات الحشرية تمر خلال نفس الخطوات الفرضية لإختيار العائل والتخصص العائلى، إلا أن الخطوة الأخيرة، وهى تنظيم العائل، تكاد تكون مرتبطة أكثر بالطفيليات الحشرية مقارنة بالمفترسات الحشرية، ولو أنه قد سجل أن فرس النبى من النوع *Mantispa ubleri* يمنع فقس بيض فريسته فى كتل البيض التى يسكنها المفترس وذلك بتأخير الفقس لإفتراسها لاحقاً. كما أن تلك الخطوات تكون أكثر تداخلاً مع بعضها فى المفترسات. يمكن أن تستخدم كوامل المفترسات مجموعة من الدلائل والمشعرات متضمنة مواد كيميائية متطايرة من كل من النبات والحشرة لتتعقب وتصل إلى وسط الانتشار، ومن ثم ملاقاة فريستها.

١ – ملاقاة وسط إنتشار الفريسة وملاقاة الفريسة Habitat and prey location

مما لا شك فيه أن هناك نقص كبير فى المعلومات المتوفرة عن إختيار الفريسة والتخصص الفرائسى. ولكن من المعلوم أن نفس السلسلة والخطوات المتبعة فى إختيار العائل فى الطفيليات الحشرية تتبع أيضاً في حالة المفترسات. ذكر هاجن Hagen وأخرون عام ١٩٧٦ أن الخطوات العملية فى إختيار ضحايا المفترسات هى الأربع خطوات الأولى السابق ذكرها فى الطفيليات.

يمكن أن تستخدم كوامل المفترسات مجموعة من المشعرات cues متضمنة مواد كيمائية متطايرة من كل من النباتات والحشرات لتصل إلى فرائسها. كذلك وجد أن كثيراً من المفترسات الحشرية مثل ذباب السرفس ينجذب لألوان الأزهار والنباتات. وهناك أيضاً نوع من الخنافس المفترسة من جنس *Bemidion* تنجذب لروائح من نباتات جنس *Oscullatoria* التى تمثل موطن فريسته على طول شواطىء البحيرات المالحة. كذلك هناك دلائل على إستجابة بعض المفترسات لوسط إنتشار ضحاياها مثل مفترسات خنافس عائلة Notonectidae، وعائلة Dytiscidae إذ يُعتقد أنها تنجذب للأسطح المشمسة. وتشكل معرفة تأثير مثل تلك المكونات الكيميائية فى سلوك المفترس قاعدة قوية عند تداول manipulating تلك الأعداء الطبيعية فى الحقل، إذ أن إستخدامها يجذب أعداداً كبيرة من المفترسات إلى الحقول. كذلك فإن العديد من أنواع الخنافس المفترسة والعناكب تستخدم المشعرات الكيميائية (مثل التربينات النباتية، فيرومونات الفريسة، أو خليط منهما) لكى تصل إلى فرائسها.

قد يكون التنبيه الميكانيكى هام فى العثور على الفريسة، فبعض حوريات الرعاش تعتمد على مستقبلات الحس الميكانيكية الموجودة على قرنى الإستشعار أو على الأرساغ. وتستطيع حشرة *Notonecta* أن تحدد موقع فريستها الواقعة فى السطح البينى للماء والهواء نتيجة للموجات الصغيرة المنبعثة عنها مدركة الذبذبات بواسطة الشعيرات الحسية على أرجل العوم. كما تستجيب أسود النمل لفرائسها معتمدة على التنبيه الميكانيكي الناتج عن سقوط الرمال بنفس درجة إعتمادها على الرؤية.

أما اليرقات المفترسة فتستخدم وسائل متنوعة فى مقابلة فرائسها والتعرف عليها مثل الرؤية، والشم، والصوت، والإستجابات الضوئية، وإدراك الإهتزازات وأيضاً الملامسة، والمشعرات الكيميائية. على سبيل المثال، تستخدم العناكب المفترسة المشعرات الكيميائية للوصول لفرائسها. فى اليرقات المفترسة ذات الأعين الفقيرة فى النمو والتى غالباً ما يكون لها عادات تحت أرضية، مثل يرقات التابانا، فإن العثور على الفريسة يكون غالباً عن طريق الشم. كما تستجيب حشرات جنس *Dytiscus* من غمدية الأجنحة أيضاً لمشعرات كيميائية فى الماء أكثر من مجرد رؤية الفريسة. وتستجيب يرقات أبو العيد التى تفترس المن لفرائسها باللمس فقط، حيث تجوس خلال الورقة باحثة على أى من السطحين تسير، ولكن بعد العثور على أحد أفراد المن وإلتهامه فإنها تميل إلى البقاء فى نفس المكان مؤدية حركات بهلوانية صغيرة. وحيث أن المن

عادةً ما يتواجد بأعداد كبيرة، فإنه من الواضح أن هذه الطريقة تكون مجدية، ومثل هذا السلوك يناسب فقط فريسة مقيمة (بطيئة الحركة) ومتوفرة فى أماكن محدودة مثل المن.

يمكن أن يتغير السلوك البحثى لليرقات المفترسة فور تقابلها مع الفريسة، فبعض أنواع يرقات المفترسات تغير سلوكها من الحركة الخطية linear إلى البحث المكثف فى دائرة الفريسة بعد ملامستها. كما يمكن أن يؤثر تركيب النبات فى الصورة الحركية للمفترس. هذا وقد يؤثر التعليم السابق فى السلوك السروحى للمفترسات، فقد إتضح أن إنتقاء الفريسة فى الدبابير المفترسة يتأثر بالخبرة المبكرة لليرقة والحشرة الكاملة.

يمكن أيضاً أن تختلف الأنواع والطرز البيولوجية للمفترسات إختلافاً تاماً فى إختيارها وإرتباطاتها بمواطنها ومواطنها الدقيقة microhabitat. على سبيل المثال، تتواجد بعض أنواع خنافس أبى العيدات على عروش النباتات canopies، بينما يتواجد البعض الآخر بالقرب من سطح التربة، كذلك يفضل نوع أسد المن *Chrysoperla rufilabris* المواطن الرطبة، بينما يكون النوع *C. carnea* مهيأ تماماً للحياة فى المواقع الجافة. تعتبر هذه الإختلافات فى الإرتباط بالمواطن من العوامل الهامة جداً لإختيار نوع معين أو طرز بيولوجية معينة لإستعمالها فى المجالات الخاصة بالمكافحة.

٢- قبول الفريسة Prey acceptance

بعد أن يكتشف المفترس فريسته، يجب عليه أن يتتبعها ويقمعها ويلتهم إياها. تشكل هذه العمليات الثلاث وقت تعامل المفترس مع فريسته handling time وهو عامل محدد وهام جداً فى تحديد المدى الفرائسى diet broad. فالمفترسات العامة تهاجم وتقمع وتلتهم مدى أوسع من الفرائس التى تتقابل معها. هناك العديد من العوامل الفسيولوجية والمورفولوجية التى تؤثر فى قبول الفريسة، ويعتبر حجم الفريسة إحدى العوامل الفسيولوجية الهامة. بعد التلامس مع الفريسة المناسبة، فإن صفات الكيوتيكل الخاص بها أو وجود مواد شمعية عليه يمكن أن يؤثر على إستجابات المفترس تجاه هذه الفريسة. فعلى سبيل المثال، فإن قبول مفترس الفيداليا، والتى تهاجم مدى فرائسى محدود للغاية، يمكن أن يتأثر بالملمس الشمعى لفريستها (البق الدقيقى). كذلك فإن الوسائل الدفاعية للفريسة (السلوك والتركيب المورفولجى والمواد الكيميائية) يمكن أن تحدد فيما لو أن المفترس سوف يقبل أو يرفض هذه الفريسة. بعض الفرائس (مثل المن) تجرى أو تسقط أو تبتعد بعيداً أو ترفس أو تفرز مواداً كيميائية ضارة عند إقتراب المفترسات منها، وفى بعض الأحيان، قد تسبب هذه المواد تقيؤ المفترس.

٣- صلاحية الفريسة Prey suitability

يشار إلى الفرائس التى تفى بكل الإحتياجات الغذائية لنمو المفترس بأنها فرائس مناسبة، أما تلك التى لا تفى بتلك الإحتياجات فهى غير مناسبة. يعتبر حجم الفريسة من الصفات الهامة فى تحديد إمكانية التعامل مع الفريسة وتقدير الصلاحية للإفتراس من عدمه. كذلك فإن الصفات الخارجية والداخلية للفريسة تلعب دوراً هاماً فى تحديد صلاحية الفريسة بالنسبة للمفترس. على سبيل المثال، فإن خنفساء الفيداليا تكون ذات مدى فرائسى محدود جداً إذ تمدها فريستها بكل إحتياجاتها الغذائية، وذلك على عكس الفرائس التى تسلك فى تكنيك سروحها مسلك نصب الشباك للفريسة تكون ذات مدى فرائسى واسع إذ تصطاد وتلتهم عدداً كبيراً من الأنواع. هذا وتتغير صلاحية الفريسة أيضاً بإختلاف الطور المتغذى عليها، يرقة كانت أم حورية، فيما لو إختلفت فرائسها عن تلك الخاصة بطور الحشرة الكاملة، قد تتناظر الأطوار غير الكاملة والكاملة فى فرائسها أو قد تختلف. فعلى سبيل المثال، فإن نجاح النمو والتكاثر فى أسد المن *C. slossonae* يتطلب أن تتغذى كل من اليرقات والحشرات الكاملة على نوع معين من الفرائس وهو من التفلة الزغبى (*Paraprociphilus tessellatus*).

إذا كانت بعض أنواع الفرائس غير مناسبة (ذات قيمه غذائية منخفضة للمفترس)، فإن المفترس يرفض التغذية عليها نهائياً أو قد يستمر فى التغذية عليها محدثة تأثيرات سالبة مثل إنخفاض معدل النمو والإنتاج reproduction والبقاء survival. فعلى سبيل المثال، عندما تتغذى عديد من أنواع أبو العيدات وأسود المن على نوع من المن غير مناسب فإنه يبطئ نموها ويقلل كفاءتها الإنتاجية. في بعض الحالات، تستمر المفترسات فى التغذية رغم إحتواء الفريسة على مواد سامة تؤدى إلى موت المفترس.

دور الأليلوكيميائيات Allelochemicals في ملاقاة الفرائس

تلعب الأليلوكيميائيات allelochemicals دوراً معنوياً في إنتقاء عديد من المفترسات الحشرية والأكاروسية لفرائسها. بالإضافة إلى المنبهات الطبيعية stimuli، فإن الإشارات signals الكيميائية غالباً ما تتوسط ملاقاة المفترسات لفرائسها والتعرف عليها. وغالباً ما تقع مثل هذه المشعرات في ثلاث مجاميع هى الكيرومونات والألومونات والجاذبات النباتية Synomes.

عادة ما تستخدم الكيرومونات الصادرة من الفريسة كجاذبات أو ممسكات داعية للإستقرار arrestment، إلا أنه في بعض الحالات قد تنتج المفترسات مواد تجذب الفريسة، ويمكن النظر إلى

هذه المواد على أنها ألومونات طالما أنها عناصر لوسيلة إتصال كيميائية بين الأنواع وبعضها تكون في صالح الباعث أكثر منها للمستقبل. تلعب أيضاً الإفرازات الدفاعية التي تنتجها الفريسة لردع المفترسات دوراً في مجال البيئة الكيميائية للمفترسات chemical ecology.

أولاً: إستخدام الكيرومونات في إنتقاء الفريسة

من المعروف أن الكيرومونات هامة لعديد من كوامل المفترسات الحشرية والأكاروسية وأطوارها غير الكاملة. تساعد الكيرومونات بعض المفترسات في ملاقاة فرائسها والتعرف عليها، لكن بالنسبة للبعض الآخر فإن الكيرومونات تعمل على التعرف على العائل فقط، حيث هناك وسائل أخرى لملاقاة الفريسة. وفيما يلي عرض لإستخدام الكيرومونات في إنتقاء الفريسة في عدد من الحشرات والأكاروسات المفترسة.

أ- الحشرات المفترسة

عائلة أسد المن Chrysopidae

يعتبر أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea* من أفضل الأمثلة للمفترسات التي تكون مفترسة فقط في طورها اليرقي، أما كوامل هذا المفترس فتحصل على غذائها من حبوب اللقاح والندوة العسلية.

يمكن أن تنجذب كوامل أسد المن لندوة عسلية بروتينية صناعية والتي تشجع promote عمليتي التغذية ووضع البيض. يؤكد إستجابات كوامل الحشرات للندوة العسلية إتاحة الفريسة ليرقات المفترس عند فقس البيض، لذلك تلعب إناث هذا المفترس دوراً هاماً في ملاقاة الفريسة بإنتقائها للبيئة المناسبة لليرقات قبل وضع البيض.

أكدت الدراسات أن العنصر الجاذب في الندوة العسلية هو الحمض الأميني تريبتوفان كمصدر للجذب. وبسبب التطاير المنخفض للتريبتوفان، فقد أُفترض أن الجذب ربما يرجع إلى منتج من أكسدة هذا الحمض الأميني وهو مركب indole acetaldehyde. وجد أيضاً أن كوامل هذا المفترس يمكن أن تستجيب لجاذبات كيميائية أخرى مثل methyl eugenol، terpenyl acetate، caryophylline، ويعتقد أن هذه الإستجابات ربما يكون لها علاقة بملاقاة وسط إنتشار الفريسة.

بالرغم من أن الدراسات التي تمت على إنجذاب حشرات أسد المن إلى الندوة العسلية تساعد في شرح السبل التي أُستخدمت بواسطة هذه المفترسات لملاقاة الموقع المناسب لوضع

البيض، إلا أن عبء الملاقاة الفعلية للفريسة يترك لليرقات. وجد أنه ليس هناك من الظواهر ما يدل على إدراك أو إستشعار أكاروس الموالح الأحمر *Panonychus citri* من على مسافة بواسطة يرقات أسد المن. وقد سجل أنه لا بد من حدوث ملامسة فعلية مع الفريسة قبل إدراكها. في إحدى التجارب تم عزل يرقات أسد المن عن الأكاروس بقماش من الموسيلين ولوحظ أن اليرقات تجس probe من خلال القماش وتهاجم الأكاروس مما أدى إلى الإقتراح بأن اليرقات ربما يكون لها بعض القدرة في تتبع الفريسة من على مسافة قصيرة جداً. وقد وجد أيضاً أن يرقات أسد المن تجس قماش الموسيلين في مواقع سبق أن تلامست مع الفريسة، لكن غادرتها، مما يوضح أن يرقات الفريسة ربما تترك وراءها كيروموناً.

وجد حديثاً أن الحراشيف التي تتركها فراشات دودة كيزان الذرة *Heliothis zea* تنشط يرقات أسد المن في البحث المكثف في موقع الحراشيف. وقد أدى هذا إلى الإقتراح بأن هذه الإستجابة قد أثيرت بواسطة كيروموناً مرتبطاً بحراشيف الفراشة. بالإضافة إلى هذا فهناك من الظواهر لوجود كيروموناً مرتبطاً ببيض هذه الفراشة نفسه. لذلك فإن يرقات أسد المن تستجيب بنفس الأسلوب الخاص بطفيل البيض *Trichogramma evanescens* في تركيزه البحثي عند إكتشاف كيروموناً مرتبطاً بعوائله. لوحظ أيضاً أن يرقات أسد المن تزيد من معدل الدوران فور إكتشافها للفريسة. هذا وقد لوحظ نفس السلوك أيضاً مع يرقات أسد المن من النوع *Chrysopa vulgaris*.

أقترح أيضاً أن مكونات جدار جسم الفريسة قد يكون مهماً في إثارة إستجابة العض أو الإمتصاص بواسطة المفترسات التي يظهر أنها تتلاقى مع فرائسها بالتحرك حتى تتلامس معها مباشرة.

عائلتي **Cecidomyidae, Syrphidae**

تنجذب بعض أنواع ذباب السرفس إلى الندوة العسلية الصناعية. وقد سجل أيضاً أن رائحة المن ربما تنشط وضع البيض بواسطة ذباب السرفس *Syrphus corolla*. سجل أيضاً أن ملاقاة يرقات ذباب السرفس لفريستها تتم بتتبع الفريسة بالملامسة المباشرة أثناء تجوالها العشوائي على النبات أكثر من إستشعار الفريسة من بعد. على الجانب الآخر فقد وجد أن يرقات *Aphidoletes aphidimyza* من عائلة Cecidomyidae يمكنها أن تستشعر وجود المن من على مسافة قصيرة عن طريق تتبع رائحته أو رائحة ندوته العسلية.

عائلة أبي العيدات Coccinellidae

أثبتت الدراسات القليلة على إختيار الفريسة بواسطة أبو العيدات على أن هناك مركبات ينتجها النبات في وسط إنتشار الفريسة. على سبيل المثال، وجد أن كوامل أبو العيد *Anatis ocellata* يجد فريسته (مَنْ الصنوبر *Schizolochmus pineti*) بالإستجابة لمواد عطرية من أوراق الصنوبر الإبرية.

تخدم الندوة العسلية الصناعية في توقف حركة عديد من أنواع يرقات أبي العيدات مثل *Hippodamia convergens*، *Coccinella novemnotata*، *Coleomegilla maculate* التي تتلامس مع فرائسها أثناء حركتها، لكنها تكون غير جاذبة لكوامل تلك المفترسات.

على العكس من ذلك، فقد وجد أن كوامل أبو العيد ذو السبع نقط *Coccinella septempunctata* تستعمل مشعرات الشم لملاقاة فرائسها من حشرات المن، لكن بدلاً من إستجاباتها لندوتها العسلية، أو إلى الروائح المنبعثة من حشرات المن نفسها، فإن هذه المفترسات تستخدم المسارات الفيرومونية pheromone trails للنمل الراعي للمن كوسيلة لملاقاة حشرات المن.

ليس هناك من الدلائل على أن يرقات أبو العيدات يمكن أن تتتبع فرائسها من بعد، لكن تستشعر وجودها بالملامسة المباشرة فقط. ليس من المعروف تماماً فيما لو أن التعرف على الفريسة يتوسطها منبهات كيميائية أو تلامسية، لكن يظهر أن هناك منبهات كيميائية تلامسية تلعب دورا في ذلك. فقد ذكر أن مكونات المواد الشمعية في جدار جسم الفريسة له دور في قبولها إذ أن تغطية coating الأغذية الصناعية بالبرافين تنبه عمليات العض والغرز من جانب يرقات أبي العيدات.

تتشابه يرقات أبي العيدات مع يرقات أسد المن في تعديلها لسلوك مسارها بعد ملاقاة فريستها، فتحول حركتها من مسارات في خط مستقيم أو رقيقة الإنحناء إلى حركات دورانية شديدة. وجد أيضاً أنه يمكن التعرف على النباتات التي سبق فشل إرتيادها وبحثها بتتبع فيروموناً يفرز من فتحة شرج اليرقات التي بحثتها وإرتادتها، مما يقلل من الجهد الذي يمكن أن يبذل بواسطة اليرقات. يتشابه هذا السلوك مع ذلك الملاحظ في العديد من الحشرات العاشبة أو آكلات الحشرات التي تعلم المواقع التي سبق إرتيادها بفيرومونات الإنتشار epideictic pheromone (هو الفيرومون الذى تضعه الأنثى بالقرب من البيض الموضوع بالعائل لحث الإناث القادمة من نفس النوع على وضع بيضها فى مكان آخر).

يظهر أن التعرف على الفريسة بواسطة أنواع أبو العيدات عالية التخصص مثل خنفساء الفيداليا *Rodalia cardinalis* يتوسطها عوامل كيميائية تُستشعر عند التلامس المباشر مع الفريسة. يمكن أن تتضمن منبهات الملامسة الكيميائية هذه عوامل داخلية وخارجية.

عائلة بق الزهور Anthocoridae

أجريت دراسات قليلة على سلوك إنتقاء فرائس هذه البقة الصغيرة. على سبيل المثال، ذكر أن أنواع البق من جنس *Anthocoris* تتعرف على فرائسها من المن عن طريق ملامستها بقرون إستشعارها، علماً بأنه لم يحدد فيما لو أن هذا التعرف يتوسطه منبهات تلامسية فسيولوجية أو كيميائية.

إسترقاق السمع eavesdropping بواسطة مفترسات خنافس القلف ومفترسات النمل الأبيض

من الإستخدامات الساحرة للكيميائيات الوسيطة في إختيار الفريسة هو إسترقاق السمع بواسطة عدد من مفترسات خنافس القلف (جدول ٥:٥).

تستعمل هذه المفترسات إما فيرومونات التجمع الخاصة بفرائسها (مثل خنافس القلف من عائلة Scolytidae) أو مزيج من الفيرومونات مع تربينات من العائل النباتي تستخدم ككيرومونات توضح تواجد الفريسة. وجد أن عديد من طفيليات خنافس القلف تستعمل الفيرومونات الجنسية لعوائلها ككيرومونات توضح إحتمال وجود عوائلها. وبنفس الشئ، فإن الأفراد المُستطِلعة (scout) من النمل *Megaponera foetens*، وهي مفترسات إجبارية للنمل الأبيض، تتبع فرائسها بإستخدام كيروموناً من أفراد النمل الأبيض يعتقد أنه يخدم كفيرومونات داخل مجتمعات النمل الأبيض، ثم بعد ذلك تتتبع الشغالات المجندة recruited workers المسار الفيروموني trail للفرد المُستطلع عائدة إلى عش النمل الأبيض ناهبة وسالبة ما فيه.

جدول (٥:٥): إسترقاق السمع بواسطة مفترسات خنافس القلف

Predator المفترس	**Prey الفريسة**	**Attractant الجاذب**	**Reference المرجع**
		COLEOPTERA	
Cleridae			
Thanasimus undatulus	*Dendroctonus rufipennis*	Frontalin	Kline et al. (1974). Dyer (1973)
Thanisimus dubis	*Dendroctonus frontalis*	Frontalin	Vité and Williamson (1970)
Thanisimus formicarius and *T rufipes.*			
	Ips typographus	Synthetic pheromone	Bakke and Kvamme (1981)
Enoclerus lecontei	*Dendroctonus brevieomis*	Host tree terpenes	Pitman and Vité (1971)
Enoclerus lecontei	*Ips confusus*	Host tree terpenes	Rice (1969)
Enoclerus lecontei	*I. confusus*	Synthetic pheromone	Wood et al. (1968)
Trogostidae (= Ostomidae)			
Temnochilia virescens	*Dendroctonus brevieomis*	Exobrevicomin	Pitman and Vité (1971)
Temnochilia virescens	*Ips confusus*	Host tree terpenes plus *n*-heptane	Riee (1969)
		DIPTERA	
Doliehopodidae			
Medetera bistriata	*Dendroctonus frontaiis*	Frontalin + *α*-pinene +	Williamson (1971)
		Verbenone or verbenol	
Medetera bistriata	*Scolytid* spp.	D-*α*-Pinene	Fitzgerald and Nagel (1972)

دبابير النحل Bee wasps

من الدراسات الكلاسيكية في سلوك الحشرات هو سلوك البحث عن الفريسة بواسطة دبابير النحل أو كما يسمى ذئب النحل *Philanthus triangularum* لما له من أهمية إقتصادية لمربي النحل حيث أنها تقتل من أفراد النحل أكثر مما تتطلبه عشوشها. وجد أن التتبع المبدأي للنحلة يكون عن طريق الرؤية، أما التعرف النهائي على النحلة التي تم إصطيادها فإنه يبني على منبهات كيميائية. وجد أيضاً أن دبابير النحل يمكن أن تقترب من ذباب السرفس الذي يحاكي النحل عند رؤيته، لكن لا تهاجم إلا لو تم حكها بالنحل لتكتسب رائحته، وهنا فقط يمكن أن تهاجم. يتضح من هذا أهمية الرؤية والإستقبال الكيميائي معاً في إختيار الفريسة بواسطة دبابير النحل.

الحشرات المائية المفترسة:

يستعمل عديد من الحشرات المائية المفترسة الكيرومونات في تتبع وملاقاة فرائسها. يتم إثارة الإستجابة الغذائية للخنفساء المائية *Dytiscus marginalis* برائحة فرائسها التي تتضمن الحشرات والأسماك الصغيرة والضفادع وقد وجد أنه بالرغم من أن هذه الخنافس تمتلك عيوناً جيدة النمو لكنها لا تستجيب بالمرة لمنبهات الرؤية.

ب- الأكاروسات المفترسة:

تم تسجيل ثلاث عائلات على الأقل من الأكاروسات المفترسة تستخدم الكيرومونات في ملاقاة فرائسها. وجد أن الأكاروس *Fuscuropoda vegetans* (Uropodidae) المفترس لبيض الذباب المنزلى ينجذب لرائحة بيض الذباب. وبنفس الشئ وجد أن الأكاروس *Macrocheles muscaedomesticae* (Macrochelidae) الذى يفترس بيض الذباب المنزلى ويتطفل على كوامل الذبابة المنزلية ينجذب للبيض والكوامل عن طريق المنبهات الكيميائية. في كلا الحالتين، يتوسط الإستجابة مستقبلات شمية على الأرساغ الأمامية. ذكر أيضاً أن التراكيب الحسية على ملامس palps نوع الأكاروس الأخير تستشعر منبهات كيميائية تلامسية مرتبطة بكوامل الذبابة. وجد أيضاً أن هذا النوع من الأكاروسات ينجذب للتركيزات المنخفضة من الأمونيا التى تساعدها فى ملاقاة وسط إنتشار الفريسة التي تتواجد غالباً في أكوام السباخ الذى يحتوى على الأمونيا الناتج عن تحلل المواد البروتينية.

سجل أيضاً أن الأكاروس المفترس *Amblyseius fallacis* (Phytoseiidae) يستخدم الكيرومونات الموضوعة بواسطة العنكبوت ذو البقعتين *Tetranychus urticae* والعنكبوت الأحمر الأوربي *Panonychus ulmi*. أظهرت الدراسات أن هذه الكيرومونات ترتبط بالحرير الذي تتركه الفريسة.

وفى السنوات الأخيرة، ثبت بما لا يدع مجالاً للشك إستخدام بعض المفترسات الأكاروسية مثل *Phytoseiulus persimilis* للجاذبات النباتية plant synomones، المفرزة بواسطة النباتات المصابة بالأكاروسات النباتية، لملاقاة فرائسها. فى هذه الحالات، كان معدل إنجذاب تلك الأكاروسات المفترسة للنباتات المصابة بالأكاروسات النباتية أعلى منه معنوياً عن النباتات غير المصابة وذلك من خلال تجارب معملية بجهاز مقياس الشم. ومن الغريب أيضاً أن درجة الإنجذاب لهذه المفترسات الأكاروسية للنباتات المصابة كانت مرتبطة بكثافة الفرائس على النباتات.

ثانياً: إستخدام الألومونات Allomones في إنتقاء الفريسة

كما ذكر سابقاً فإن عديداً من المفترسات تتلاقى وتتعرف على فرائسها بالإستجابة لكيرومونات تنبعث من الفرائس. لكن قد ينقلب الوضع وتنتج المفترسات ألومونات تجذب الفريسة، أو تستثمر أنظمة الإتصال الكيميائي للفريسة. عندما تتماثل هذه المواد مع تلك التي تستعمل بين أفراد الفريسة، فإنه يطلق على هذه الظاهرة " المماتنة الكيميائية العدوانية aggressive chemical mimicry". من أمثلة إستخدام الألومونات ما يلي:

الخنافس التي تشارك النمل في عشه Mymecophilous beetles

من أمتع الأمثلة على تلك المماتنة أو المحاكاة العلاقة بين خنافس عائلة Staphylinidae وحشرات النمل التي تتطفل عليها أو تفترسها تلك الخنافس. فقد وجد أن تلك الخنافس قادرة على أن تتواصل communicate مع اللغات الميكانيكية والكيميائية المستعملة بواسطة فرائسها من النمل. على سبيل المثال، تحاكي الخنفساء *Atelmes pubicollis* الفيرومونات الخاصة بفرائسها من النمل. وبهذا الأسلوب يسمح لها بالدخول إلى عشوش النمل، بل أن يرقاتها يعتني بها وتربي بمعرفة حشرات النمل. وجد أن كوامل هذه الخنافس تجد طريقها إلى عشوش النمل بتتبع رائحة النمل وتتحرك إلى مصادر الرائحة. ثم بعد ذلك تجعل شغالات النمل تسمح لها بدخول أعشاشها بسبب إنتاجها لإفرازات من غدد على بطنها تعمل على تثبيط السلوك العدواني للنمل عند اللقاء، بل وتجعله يقوم بحمل الخنافس مباشرة إلى حجرات حضنة النمل. تحصل يرقات الخنافس الناتجة في العشوش على غذائها إما بإفتراس يرقات النمل أو بإفتراس غيرها من اليرقات ذاتياً cannibalism. بالإضافة إلى هذا، تمتلك يرقات الخنفساء غدداً تفرز ألومونات تجعل شغالات النمل تقوم بتغذيتها عن طريق تبادل الغذاء السائل trophyllaxis.

بق عائلة Reduviidae

وجد أيضاً نوعان من البق المفترس التابع لعائلة Reduviidae ينتج ألوموناً جاذباً لفرائسها. فالبقة *Apiomerus pictipes* تجذب النمل *Trigona fulviventris* (لا يمتلك آلة لسع) بإستعمال ألومونات تحاكي فيرومونات النمل ذاته. كذلك فإن البقة *Ptilocerus ochraceus* تنتج إفرازاً غدياً من شعيرات على سطحها البطني تجذب حشرات النمل. يهدأ النمل عندما يتغذى على هذا الإفراز ثم يشل في النهاية مما يجعله سهلاً في إفتراسه.

عناكب البولا Bolas spiders

هناك مثال آخر على إستعمال المماتنة الكيميائية العدوانية تتم بواسطة عناكب البولا bolas spiders، وهو النوع *Mastophora* sp. أُشتق إسم هذه العناكب من طريقتها الفريدة في إصطياد الفريسة. يغزل العنكبوت شبكة تتكون من كرة لزجة sticky ball معلقة في نهاية خيط عمودي قصير يمسك بأحد أرجله الأمامية بحيث تؤرجح الكرة أمام الحشرات المارة أمامه. عندما تلتصق الكرة بالحشرة، يُنزل descend الخيط وتشل الفريسة وتلتهم. وجد أنه غالباً ما تكون كل الفرائس التي يتم إصطيادها بواسطة الإناث الكاملة من هذا العنكبوت من ذكور فراشات عائلة Noctuidae، إما من حشرة *Spodoptera frugiperda* أو نوع من جنس *Leucania*، وأقترح أن هذه العناكب تجذب فرائسها بمادة متطايرة تحاكي الهرمون الجنسي الذي تفرزه إناث حشرة *S. frugiperda*. يمثل هذا السلوك درجة عالية جداً من التخصص بالنسبة للمفترس.

البَابُ السَّادِسِ

إستخدام الطفيليات والمفترسات الحشرية في مجال المكافحة البيولوجية

أولاً: إستيراد الأعداء الطبيعية

  أ – أساسيات إستيراد الأعداء الطبيعية الجديدة

  ب– طرق إستيراد الأعداء الطبيعية

ثانياً: إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة النافعة

ثالثاً: الحفاظ على الأعداء الطبيعية

إستخدام الطفيليات والمفترسات الحشرية فى مجال المكافحة البيولوجية

METHODS FOR BIOLOGICAL CONTROL IMPLEMENTATION

هناك ثلاث إتجاهات approaches رئيسية لإستخدام الطفيليات والمفترسات كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشرات. **أولها** هو الإستيراد أو الإدخال introduction or importation وهى الطريقة الكلاسيكية للمكافحة البيولوجية، بسبب أن العديد من الآفات تكون أنواعاً دخيلة invaded pests إلى مواطن جديدة دون مصاحبة أعدائها الطبيعية، ولذا فإن هدف هذه السياسة هو البحث عن الأعداء الحيوية المرتبطة بالآفة فى موطنها الأصلى ثم محاولة إستيرادها وإطلاقها فى الموطن الجديد لأقلمتها، وعند نجاحها فإن هذه الأعداء الحيوية تصبح دائمة الإستقرار وتعمل على خفض تعداد الآفة المستهدفة دون المستوى الذى يسبب ضرراً إقتصادياً. **وثانى** هذه الإتجاهات هو الحفاظ conservation على الأعداء الطبيعية المتوطنة وجعلها أكثر فاعلية عن طريق الطرق الزراعية، وتحميل المحاصيل intercropping وضبط مواعيد رش المبيدات للحفاظ عليها. **وثالث** هذه الإتجاهات هو إكثار augmentation هذه الأعداء الطبيعية، حيث تربى فى المعمل أو تجمع من الحقل ثم تطلق فى المواقع التى يتوقع فيها زيادة فى تعداد الآفة فوق مستوى الحد الحرج الإقتصادى. وقد إتسع نطاق هذه الإتجاهات فى السنوات الأخيرة إتساعاً كبيراً وأصبح هناك شركات عديدة لبيع مثل هذه الأعداء الطبيعية فى كثير من الدول.

أولاً: إستيراد الأعداء الطبيعية Natural Enemy Introduction

أ- أساسيات إستيراد الأعداء الطبيعية الجديدة

Principles of introduction of new natural enemies

ما زال الإستيراد المتعمد للأنواع من الأعداء الطبيعية الجديدة لخفض تعدادات الآفات الدخيلة invading pests إتجاه هام فى مجال المكافحة البيولوجية، وقد إمتدت هذه العملية أيضاً لتشمل الأنواع المتوطنة التى أصبحت آفات. تهدف هذه العملية إلى إستيراد أعداء طبيعية آمنة وفاعلة لخفض تعداد الآفة. وقد تم تطبيقها فى مواقع زراعية وطبيعية وحضرية مختلفة، وقد تضمن هذا الإستيراد أنواعاً فقارية ولا فقارية وممرضات أمكن إستخدامها ضد آفات نباتية مثل الحشائش ومفصليات الأرجل والفقاريات.

oberkandi.com

هناك خطوات عديدة يجب إتباعها عند إعداد برامج إستيراد الأعداء الطبيعية. تتضمن هذه الخطوات تعريف الآفة المستهدفة تعريفاً دقيقاً، وتحديد أفضل المواقع لإختيار العدو الطبيعى، وتعريف العدو الطبيعى تعريفاً دقيقاً، وإجراء الإتصالات اللازمة لإرتياد هذه المواقع فى الموطن الأصلى للعدو الطبيعى، وجمع العدو الطبيعى، وشحنه، وإجراءات الحجر الزراعى للمادة المشحونة مصحوبة بإجراءات الأمان، وتوطين النوع النافع فى الحقل، ثم دراسات عن مدى أقلمته وتقييم فاعليته. تعتبر هذه العملية من إكتشاف وإستيراد وتقييم سلسلة من الخطوات كل منها مبنى على أساسيات بيئية متباينة توجه هذه العملية.

هناك مئات من الأنواع التى تضمنت مفصليات الأرجل، ونباتات مائية، ونباتات أرضية، وفقاريات أتبع معها وبنجاح أسلوب إستيراد الأنواع النافعة، منها على سبيل المثال لا الحصر، وكنماذج متنوعة لهذه العملية، الحشيشة المائية *Salvinia molesta*، والذبابة البيضاء *Siphoninus phillyreae*، وشجيرة الزينة *Agratina riparia*. وبالرغم من الإستيراد المتعمد للأعداء الطبيعية إلى مواقع جديدة معروف منذ عدة قرون، إلا أن السجلات الموثوق بها لمثل تلك الأنشطة بدأ، كما هو معروف جيداً، منذ إستيراد نوعين من الأعداء الطبيعية لمكافحة البق الدقيقى الأسترالى فى كاليفورنيا خلال عام ١٨٨٨-١٨٨٩، ومنذ ذلك الوقت تضاعف هذا الإستيراد لمكافحة العديد من الآفات فى عديد من دول العالم.

تبنى القاعدة البيئية للمكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الطبيعية، على قاعدة أن عديد من عشائر الآفات تكون تحت السيطرة فى موطنها الأصلي بسبب الدور الذى تلعبه كائنات ذات مستوى غذائي أعلى upper trophic level، أو فى بعض الحالات ممرضات النبات عن طريق المنافسة داخل نفس المستوى الغذائي. ويعتبر الكائن أو المستوى الغذائي الأعلى هو ذلك الكائن الذى يتغذى مباشرة على كائن آخر يشغل مرتبة أقل فى السلسلة الغذائية، لذلك ففي حالة الحشائش (المستوى الغذائى الأول) التى تشكل آفة يكون الكائن الأعلى فى المستوى الغذائي حشرة عاشبة herbivore (المستوى الغذائى الثانى) أو ممرض نباتي، بينما في حالة الآفات الحشرية أو النيماتودية يكون الكائن أو المستوى الغذائي الأعلى طفيلاً أو مفترساً أو ممرضاً حشرياً. تعرف هذه الكائنات ذات المستوى الغذائي الأعلى بالكائنات النافعة (المستوى الغذائى الثالث) بسبب دورها فى خفض تعدادات الآفات، ويمكن أن تتعرض مثل هذه الكائنات النافعة لمهاجمة كائنات أعلى فى مستواها الغذائي كما هو الحال فى الطفيليات الثانوية (المستوى الغذائى الرابع) التى تهاجم الطفيليات الأولية.

يصبح العديد من الأنواع الحشرية آفات فى مواقعها عندما ينخفض مستوى الدور الذى تلعبه أعدائها الطبيعية فى إماتة أفرادها، وغالباً ما يحدث هذا عندما تتحرك الآفة صدفة أو عمداً إلى موقع جديد دون مصاحبة أعدائها الحيوية وحيث تكون الأنواع المحلية غير ذات تأثير فى خفض تعداداتها. ويمكن أن تصبح الأنواع المحلية التى لم تكن تعرف كآفات تصبح آفات ذات تأثير مدمر، ومن الأمثلة النموذجية فى هذا المجال البق الدقيقى الأسترالى فى عديد من المواقع، وذبابة الموالح البيضاء *Aleurodicus spiniferus* فى آسيا، وسوسة البرسيم *Hyperica postica* فى الولايات المتحدة، وحشيشة الحسك *Carduus* sp. فى شمال الولايات المتحدة، وحشيشة ورد النيل فى أفريقيا، وشجرة الهاكيا *Hakea sericea* فى جنوب أفريقيا.

هنا يمكن أن تستعمل المكافحة البيولوجية فى خفض تعداد هذه الآفات الدخيلة من خلال إستيراد أعدائها الطبيعية من مواطنها الأصلية وتوطينها فى المواقع الجديدة. وبينما يتبع أسلوب إستيراد الأعداء الطبيعية أساساً مع الآفات الدخيلة، إلا أنه يمكن إتباعه أيضاً مع الآفات المحلية التى أصبحت تشكل خطورة ملموسة. وفى مثل هذه الحالات، تستورد الأعداء الطبيعية الجديدة على أمل أن يصبح لواحد منها أو أكثر دوراً فعالاً فى خفض تعدادات الآفة أكثر من الأنواع المتوطنة، ولو أن الحالات المسجلة الناجحة لمثل هذا الإجراء أقل بكثير من تلك المتعلقة بالآفات الدخيلة.

برامج إستيراد الأعداء الطبيعية

تقع عملية إستيراد الأنواع النافعة ضد آفة معينة فى سلسلة من الخطوات المحددة، كل خطوة منها تعتمد على الخطوة السابقة وتشمل هذه الخطوات:-

الخطوة الأولى: تعريف الآفة المستهدفة

قبل البدء فى إعداد برنامج لإستيراد العدو الحيوى ضد آفة معينة، يجب تعريف الآفة المستهدفة تعريفاً دقيقاً. كما يجب تقدير مناسبتها كآفة مستهدفة لبرنامج المكافحة البيولوجية. مثل هذا التقدير سوف يأخذ فى إعتباره عدداً من الأبعاد أو الوجوة البيولوجية والإقتصادية والإدارية والإجتماعية والشخصية. وقد إقترح بعض الباحثين سلسلة من الأسئلة تحدد هذه الأبعاد مع وضع درجات لإجاباتها تكون فى مجموعها مقياساً لتحديد مدى مناسبة الآفة المستهدفة للخضوع لهذا النوع من المكافحة، وكلما زادت الدرجات كلما زادت فرص النجاح.

- الأبعاد البيولوجية ذات الأهمية

تتضمن معلومات عن الآفة وأعدائها الطبيعية، إذ لابد من التأكد أولاً من منشأ الآفة، فلو وجد أنها ذات منشأ أو أصل أجنبي، فإنه لابد من إستيراد أنواع من الأعداء الطبيعية لمجابهتها. أما إذا كانت آفة محلية أو متوطنة، فلابد من الوقوف على أسباب وضعها كآفة قبل التفكير فى أى برنامج للإستيراد، وإذا وجد أن النشاط الإنساني قد ساهم فى جعلها آفة، فلابد من التفكير فى التغلب على هذه الأسباب وتحسينها.

وبمجرد تحديد منشأ الآفة، لابد من جمع المعلومات عن وضعها كآفة فى موطنها. فالأنواع الحشرية التي ليست بآفة فى مواطنها الأصلية تكون أفضل عند مكافحتها بيولوجياً من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية لها عن تلك التى تكون آفات فى مواطنها الأصلية. وبالنسبة للنباتات، فإن تلك التى تتكاثر لاجنسياً يصلح معها أسلوب المكافحة البيولوجية عن تلك التى تتكاثر جنسياً.

- الأبعاد الإقتصادية

هذه تتضمن فيما لو كانت الآفة ذات قيمة إقتصادية كبيرة تستحق هذا البرنامج من المكافحة، وهل سيتفوق برنامج المكافحة البيولوجية عن غيره من أساليب المكافحة الأخرى فى خفض تعداد الآفة إنخفاضاً ملحوظاً مؤدياً إلى الحصول على نتائج ذات قيمة إقتصادية. غالباً ما ينظر إلى الآفات التى تهاجم الأجزاء غير المحصولية non-harvested parts من النبات (الآفات غير المباشرة non-direct pests) على أنها أهداف مناسبة للمكافحة البيولوجية عن تلك التى تهاجم الثمار المحصولية harvestable fruits (الآفات المباشرة direct pests). يرجع ذلك إلى أن الكثافة التى عندها تحدث الآفات غير المباشرة أضراراً إقتصادية غالباً ما تكون أعلى عن تلك فى حالة الآفات المباشرة. وحتى مع الآفات المباشرة يمكن أن تُخفض المكافحة البيولوجية أعداد الآفة بدرجة تكفي لعدم حدوث ضرراً إقتصادياً. وفى بعض الحالات الأخرى، فإن معدل الإنخفاض بسبب المكافحة البيولوجية وحدها قد يكون غير كاف، ولكن يمكن أن تلعب المكافحة البيولوجية دوراً هاماً فى برنامج إدارة الآفة pest management.

- الأبعاد الإجتماعية

تنشأ هذه الأبعاد الإجتماعية مثلاً عندما يحدث إختلاف فى الآراء حول ما إذا كان نبات ما أو أى نوع آخر ضار من وجهة نظر البعض وذا قيمة إقتصادية من وجهة نظر البعض الآخر.

قد تؤدى هذه الإختلافات إلى تساؤلات حول ما إذا كان نوع ما من الآفات هدف للمكافحة. وكمثال لهذه الإختلافات هو النظرة المتفاوتة فى استراليا حول النبات المزهر المتوطن السام *Echium plantagineum*، إذ يرى مربى النحل أنه نبات مرغوب فيه، بينما يرى مربى الماشية أنه حشيشة سامة. ويجب أن تحل مثل هذه الإختلافات قبل البدء فى برنامج إستيراد الأعداء الطبيعية بغرض المكافحة. يمكن أن يطفو أيضاً على السطح بعد آخر عند التقييم الأولى لإطلاق عدو طبيعى ضد آفة معينة. فلو أن هذا العدو كانت له القدرة على مهاجمة أنواع أخرى غير الآفة المستهدفة وكانت هذه الأنواع ذات قيمة إقتصادية، فإن تأثير هذا العدو الحيوى على هذه الأنواع غير المستهدفة يحتاج إلى تقدير وتقييم (وهذا بعد بيولوجى)، كما أن هذا التأثير لابد أن ينظر إلية كبعد أو منظور إجتماعى حول الفائدة المرجوة من هذا الإطلاق.

- الأبعاد الشخصية

أخيراً هناك أبعاد أخرى شخصية مثل كفاءة الشخص وإمكانياته وإتصالاته على المستوى الداخلى أو الخارجى، لإتمام برنامج الإستيراد.

الخطوة الثانية: أعمال الحصر والتقسيم الأولى

بمجرد إختيار الآفة كهدف لبرنامج إستيراد الأعداء الطبيعية، فإن الخطوة الثانية تشمل جمع المعلومات من الأدبيات العلمية literature مع عمليات حصر حقلية أولية أو مبدأية لهذا النوع. ويُعتمد على التعريف التقسيمى للآفة فى جمع المعلومات المتعلقه بالتوزيع الجغرافى للآفة، وبيولوجية الآفة، والمدى العوائلى لها، والأعداء الطبيعية لها وللأنواع القريبة منها تقسيمياً. وقد يكون جمع معلومات عامة عن الأنواع القريبة للنوع المستهدف جوهرياً أثناء الإرتياد بسبب أنه فى الموطن الأصلى للآفة المستهدفة يمكن أن يتواجد عدد من الأنواع القريبة تقسيمياً، قد يرتبط بكل منها نوع معين من الأعداء الطبيعية. وإذا فرض وكان نوع الآفة جديد على العلم ولم يسبق تعريفه، فإن الأنواع الشديدة القرابة لها تقسيمياً لابد أن تحدد. وإذا ما صعب تمييز أنواع الآفات القريبة لها، فإن الأخطاء فى التعريف ستقود إلى جمع و إكثار نوع حيوى مرتبط بآفة غير تلك الآفة المستهدفة وبالتالى سوف تكون أقل فعالية أو قد لا يكون لها تأثير بالمرة على خفض تعداد الآفة المستهدفة. ولذا فإن التعريف التقسيمى للآفة موضع الدراسة يشكل القاعدة الأساسية للتخطيط الإستراتيجى فى تحديد الأماكن المناسبة للبحث عن الأعداء الطبيعية وأيضاً فى تعريف العدو الطبيعى المناسب.

بالإضافة إلى مراجعة الأدبيات لجمع المعلومات المتعلقة بالأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، فلابد من إجراء حصر حقلى فى المناطق المزمع إستيراد الأعداء الطبيعية منها لتحديد أى من أنواع الأعداء الطبيعية المتواجدة، إن وجد، يمكن أن تهاجم الآفة فى موطنها الجديد، وتفيد مثل هذه المعلومة فى تحديد ماهية الأعداء الطبيعية التى تقبل الآفة كعائل أو فريسة لها.

الخطوة الثالثة: إختيار مناطق الإرتياد

تهدف هذه الخطوة إلى تحديد المناطق الجغرافية التى يتواجد بها الأعداء الطبيعية الفاعلة والمؤثرة. هناك أربع إتجاهات عامة يمكن إستعمالها فى البحث عن الأعداء الطبيعية وهى البحث عن الأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، أو تلك القريبة تقسيمياً للنوع المستهدف، أو تلك التى تجمع من مناطق مناظرة جغرافياً للنوع المستهدف، أو أعداء طبيعية لأنواع لاترتبط تقسيمياً أو بيئياً بالآفة المستهدفة. ويعتبر البحث عن الأعداء الحيوية للآفة المستهدفة هو أفضل هذه السبل، وأكثرها فاعلية. ولتحقيق هذا يجب تحديد المناطق التى يكون البحث فيها مثمراً، وقد يرتبط هذا فى بعض الحالات بالرجوع إلى الأدبيات والمراجع العلمية الخاصة بالأعداء الطبيعية لنوع الآفة المستهدفة.

وغالباً ما يستدل على هذه المواقع المناسبة من تناظر الظواهر البيوجغرافية والبيئية والحيوانية. وتتضمن وسائل البحث تعريف الأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، أو تلك ذات الفعالية للأنواع القريبة لها تقسيمياً. وبمجرد تحديد تلك المواقع، يعتمد إختيار أماكن البحث داخل هذه المواقع أساساً على البؤر التي تتشابه عواملها المناخية مع تلك التى سيطلق فيها هذه الأعداء الطبيعية.

يمكن أن يعتمد على عدة مصادر معلوماتية لتحديد الموقع الجغرافى الأصلى للآفة origin، منها تاريخ التوزيع الجغرافى للآفة، ومركز تواجدها، والمنطقة التى يتواجد فيها العائل النباتى المفضل للآفة، والمنطقة التى يتواجد فيها الآفة بكثافة عددية منخفضة بسبب تواجد أعدائها الطبيعية، والمنطقة التى يكون فيها عدد الأعداء الطبيعية أو عدد تلك التى ترتبط بالعائل الحشرى عالياً. وأخيراً المنطقة التى يتواجد فيها عديد من الأنواع الحشرية القريبة تقسيمياً للآفة المستهدفة. من أجل كل هذا لابد من أن يستدل على معلومات ذات أهمية من الأدبيات المنشورة ومن سجلات المتاحف والمجاميع الحشرية.

ومن أبرز الأمثلة على المكافحة الناجحة للآفات الدخيلة عن طريق إستيراد الأعداء الطبيعية المرتبطة بها فى موطنها الأصلى هو مكافحة البق الدقيقى الأسترالى بواسطة الطفيل *Chryptocheatum iceryae* والمفترس أبو العيد الفيداليا *Rhodalia cardinalis*. إذ عندما غزت هذه الحشرة كاليفورنيا تم البحث عن أعدائها الطبيعية فى موطنها الأصلى فى جنوب أستراليا. هذا وقد تحقق العديد من النجاحات المتكررة فى مكافحة عديد من الآفات وإنخفاض تعداداتها إلى دون الحد الحرج الإقتصادى بفضل إستيراد نوع أو أكثر من أعدائها الحيوية المرتبطة بها من مواطنها الأصلية. ومن تفسيرات هذا النجاح إرتباط الآفة بعدوها الحيوى لمدة طويلة فى موطنها الأصلى وأن هذا الإرتباط يُميز بقدرة هذا العدو الحيوى على خفض تعداد الآفة. ومن الأمثلة الأخرى على تلك النجاحات فى مناطق مختلفة من العالم ومع مجاميع حشرية متباينة مكافحة حشيشة الكلامات *Hypericum performatum* فى الولايات المتحدة، ونباتات التين الشوكى *Opuntia* spp. فى الهند واستراليا، وحشرة الزيتون القشرية *Paralatoria oleae*، ومَنْ جوز الهند *Chromaphis juglandicola*، والبق الدقيقى *Pseudococcus comstocki*، والذبابة البيضاء *Siphoninus phillyreae* وغيرها.

فى بعض الحالات، قد تتسبب الأعداء الطبيعية فى خفض معنوى لتعداد آفات دخيلة لم ترتبط بها من قبل، وتسببت فى تدمير أنواع نباتية متوطنة مرغوب فيها كما هو الحال بالنسبة للفطر *Cryphonectria parasitica* (من أصل آسيوى) الذى أهلك تقريباً حشرة أبو فروة الأمريكية *Castanea dentata*، وحشرة البق الدقيقى الأسترالى *Icerya purchasi* والتى أهلكت تقريباً مزارع الموالح فى كاليفورنيا. هناك أيضاً حالات من النجاح للمكافحة البيولوجية لآفات دخيلة عن طريق إستيراد أعداء طبيعية من مناطق أخرى غير الموطن الأصلى للآفة، ومن تلك الأمثلة مكافحة حشرة *Oxydia trychiata* فى كولومبيا بطفيل البيض *Telenomus alsophilae* من الشمال الشرقى الأمريكى.

وهناك أمثلة أخرى معروفة أدت إلى الإقتراح بأن الأعداء الطبيعية المناسبة للمكافحة البيولوجية يمكن أن تتواجد بين أنواع لم تتقابل مع الآفة المستهدفة من قبل. وبالرغم من أن بعض الأمثلة لوحظ فيها إنخفاض تعداد الآفة بأعداء طبيعية إفتقرت إلى الإتصال المباشر المسبق بنوع هذا العائل، فإن النجاح كان أكثر تحالفاً مع تلك الأعداء الطبيعية التى سبق لها الإرتباط بالآفه المستهدفة، بمعنى أعداء طبيعية من الموطن الأصلى للعائل. ولذا فإن المواطن الأصلية للآفة تشكل أنسب الأماكن التى يمكن إرتيادها للبحث عن أعداء حيوية مناسبة لها، وأن البحث

عن أعداء حيوية لم يسبق لها الإرتباط بالآفة تعتبر استراتيجية غير كافية للحصول على أنواع فعالة منها. وعلى كل، فإن الأنواع القريبة تقسيمياً أو غير القريبة التى لها دورات حياة وظروف بيئية مشابهة للآفة المستهدفة والتى تتواجد على العائل النباتى المستهدف فى الموطن الأصلى يمكن أن تكون مصادر نافعة للأعداء الطبيعية تستحق الدراسة حينما لا تتواجد الآفة المستهدفة أو تُظهر أعدائها الحيوية المرتبطة بها عدم فاعليتها. ومن الأمثلة الناجحة التى أتبع فيها هذا الأسلوب مكافحة الأرانب الأوربية *Oryctolagus cuniculus* فى أستراليا بفيروس من نوع من الأرانب من جنوب أمريكا، وأيضاً مكافحة حفار قصب السكر *Diatraea saccharalis* فى باربادوس Barbados بالنوع *Cotesia flavipes* الذى تم جمعه من الهند حيث يهاجم مجاميع أخرى من حفارات البقوليات.

الخطوة الرابعة: إختيار الأعداء الطبيعية المعدة للجمع

أ- صفوف الكائنات

فى كثير من الحالات تُحدد مشكلة أى نوع من الأعداء الطبيعية سوف يبحث عنه، فى ماهية الآفة المستهدفة. يكون لعديد من الآفات مجموعة محدودة جداً من الأعداء الطبيعية ومن الطبيعى أن تختار الأنواع من بين هذه المجموعة. لكن إذا إتسعت مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بالآفة، فإن بعض الإختيارات تكون ضرورية عند التخطيط لبرنامج المكافحة البيولوجية. أستغلت مجاميع متباينة تقسيمياً من الأعداء الطبيعية فى برامج المكافحة البيولوجية لمجاميع متباينة من الآفات. تضمنت هذه المجاميع فقاريات أرضية ومائية، ورخويات، ومفصليات أرجل (متضمنة الحشرات والعناكب المفترسة والطفيليات الحشرية والحشرات العاشبة)، وممرضات لمفصليات الأرجل، والفقاريات والحشائش. هذا وقد تصاعدت فى السنوات الأخيرة بعض التوجهات حول الإستفادة من هذه المجاميع المتباينة تقسيمياً وأمانها وتركزت معظم هذه التوجهات على درجة التخصص العائلى، وبالتالى سلامة وأمان (أقل المخاطر من السلبيات غير المتوقعة للإستيراد) العدو الحيوى.

١- الفقاريات

تم إستيراد الفقاريات الأرضية (الثدييات، والطيور، والزواحف، والبرمائيات) لعديد من المواقع المختلفة على مستوى العالم، وغالباً ما كانت النتائج غير مرغوب فيها، إذ يكتنف إستعمال مثل هذه الكائنات فى مجال المكافحة البيولوجية للآفات الأرضية درجة عالية من المخاطر بسبب مداها الغذائي الواسع، إضافة إلى سلوكيات أخرى خاصة بها.

أما الفقاريات المائية مثل الأسماك فقد أستعملت بدرجة واسعة لمكافحة الحشائش المائية، أو كمفترسات ليرقات البعوض والهاموش. أستعملت أسماك الجامبوزيا *Gambusia* sp. و*Poecilia* sp. على مستوى واسع لمكافحة يرقات البعوض، إلا أن تأثير إستيراد هذه الكائنات على تعدادات الأسماك المتوطنة أدى إلى إهتمام واسع إلى الدرجة التى نصح فيها بإستعمال الأسماك المتوطنة كبديل للأنواع المستوردة.

٢- الرخويات

تم إستيراد الرخويات كمفترسات لأنواع القواقع العاشبة وكمنافسات لأنواع القواقع التى تعمل كناقلات للبلهارسيا. قد تكون القواقع المفترسة عامة التغذية وهنا لابد أن يؤخذ فى الإعتبار، عند إستيرادها، إمكانية تأثيرها على القواقع المتوطنة غير المستهدفة. يمكن أن يتم الإستيراد فقط عندما يكون للقوقع من العادات الغذائية ما يحدد تأثيره فقط، إما بيئياً أو تقسيمياً على النوع المستهدف أو غيره من الأنواع التى ليس لها أهمية.

٣- الكانسات الأرضية من مفصليات الأرجل

تم إستيراد الخنافس الأرضية scarabid beetles لبعض المناطق فى أستراليا لكى يتم التخلص من روث قطعان الماشية فى المراعى الخضراء، لضرورتها من الناحية الصحية ولتقليل أعداد الذباب المرتبط بهذا الروث مثل أنواع الذباب *Haematobia irritans* وأنواع *Musca* spp.. وبالرغم من حدوث نجاح باهر فى إزالة هذا الروث فقد تزامن هذا النجاح مع إنخفاض أقل فى تعدادات الذباب.

٤- مفصليات الأرجل العاشبة

هى مجموعة من الأعداء الطبيعية التى تتضمن أنواع عامة التغذية وأنواع متخصصة، وبالتالى لابد أن يقيم المدى العوائلى لهذه الأنواع المستوردة بعناية فائقة حفاظاً على الأنواع النباتية المرغوبة فى مناطق الإستيراد. ولقد كانت تجارب الغربلة screening ناجحة فى عديد من عمليات الإستيراد لتلك الأعداء الطبيعية فى عديد من دول العالم، ولم تحدث أى نتائج ضارة من هذه الكائنات المستوردة فى تلك المناطق.

٥- مفصليات الأرجل الطفيلية والمفترسة

تكون فرصة حدوث مخاطر داخل مجموعة الأعداء الطبيعية التى تتضمن الأنواع المتخصصة إلى درجة ما من الطفيليات والمفترسات أقل ما يمكن. وغالباً ما يكون تأثير

مثل هذه الأنواع عند إطلاقها محصوراً على الكائنات المستهدفة. وبصفة عامة، فإن المفترسات العامة من مفصليات الأرجل مثل الدبابير الإجتماعية من عائلة Vespidae والنمل من عائلة Formicidae لا يتم إستيرادها حتى لو كانت ذات تأثير فعال على أنواع معينة من الآفات بسبب تأثيرها على نشاط الإنسان والكائنات الأخرى غير المستهدفة. وبنفس الشيء فإن الأنواع الواسعة المدى الغذائي من المفترسات غير الإجتماعية أو الطفيليات لا تفضل غالباً كعناصر مكافحة صالحة للإستيراد.

٦- الممرضات النباتية والحشرية

هى مجاميع من الأعداء الطبيعية التى تظهر فيما بينها درجات متباينة من المدى العوائلي، ولو أنه يمكن، بصفة عامة، تحديد المدى العوائلي بدرجة معقولة من الأمان من خلال التجارب المعملية مع الممرضات. تركز التطبيقات الحالية على الممرضات النباتية متخصصة العوائل (مثل مرض الصدأ والعفن) عند الإستيراد لمكافحة الحشائش بيولوجياً لكى نبتعد عن مخاطر إستيراد ممرض يكون له تأثير ضار على نباتات مرغوب فيها. ينطبق الحال أيضاً على الممرضات الحشرية إذ يتم تركيز الإستيراد على الممرضات المتخصصة جداً. هناك حالات نجاح قليلة مع الممرضات الحشرية، أما ممرضات الحشائش فقد لاقت نجاحاً أكبر.

من المفضل أن تجرى دراسات على الأعداء الطبيعية وعوائلها فى الموطن الأصلى قبل إستيرادها، إذ ستقدم تلك الدراسات رؤية عن طبيعة العلاقات بين الأنواع، متضمناً الإختلافات بين الأنواع المرتبطة بالطقس والأنواع الموسمية وغيرها من العوامل، ويكون من الممكن تقدير أى من عناصر المكافحة البيولوجية أفضل لإستيرادها وإستعمالها فى منطقة معينة بالإعتماد على المتطلبات البيئية، وسوف تساعد مثل هذه المعلومات أيضاً على إنماء برنامج جيد للمكافحة. من أمثلة البرامج الناجحة التى أعتمد فيها على هذا المنظور المكافحة البيولوجية للدبور *Dryocosmos kuriphilys* فى اليابان إذ تم الإعتماد على البيانات التى جمعت عن الأعداء الطبيعية له فى موطنه الأصلى (الصين)، وكذلك برنامج المكافحة البيولوجية للبق الدقيقى *Pseudococcus comstocki* فى كاليفورنيا مسترشداً بالأبحاث التى أجريت على أعدائه الطبيعية فى اليابان، وكذلك نجاح طفيل البيض *Telenomus alsophilae* من شمال أفريقيا لمكافحة الدودة القياسة *Oxydia trychiata* فى جنوب أمريكا معتمداً فى ذلك على نتائج الدراسات على هذا الطفيل فى شمال أفريقيا موطنه الأصلى.

ب- السلالات والطرز البيولوجية

تتفاوت، بدرجة كبيرة، أنواع الأعداء الطبيعية فى خصائصها التى تؤثر فى قدرتها على مكافحة آفة مستهدفة معينة حتى بين العشائر المختلفة population لنفس النوع الحشرى. كما قد تتباين العشائر المختلفة للنوع الواحد، والتى يصعب تمييزها مورفولوجياً، أو وراثياً، فى بعض الخصائص البيولوجية بدرجة من المعنوية. وحيثما تستقر هذه العشائر، فإنه يطلق عليها تحت أنواع subspecies، أو سلالات races، أو طرز بيولوجية biotypes.

يمكن أن تتفاوت مثل هذه العشائر فى إختيارها للموقع البيئى، أو فى تفضيلها للعوائل، أو فى مداها العوائلى، أو فى فسيولوجياتها، أو معايير دورة حياتها وسلوكياتها. وحيث أن أى من هذه الخصائص يمكن أن يؤثر فى فاعلية وصلاحية عنصر حيوى ما ضد نوع آفة معينة أو فى بيئة معينة، فإنه من المناسب أن نستورد عشائر مختلفة خصوصاً تلك التى تتواجد فى مناطق تتفاوت فى ظروفها المناخية أو مكوناتها العوائلية.

فى عدد من الحالات، قد برهن إستيراد طرز بيولوجية biotypes محددة من الأعداء الطبيعية من مناطق مختلفة أنه كان قاطعاً سواء بالنسبة لأقلمته أو قدرته على خفض تعداد الآفة المستهدفة. ومن أحد هذه الأمثلة إستيراد سلالتين من الطفيل *Trioxys pallidus* لمكافحة مَنْ جوز الهند *Chromaphis juglandicola* إلى منطقة ذات مناخ متميز distinct فى الولايات المتحدة الامريكية. ومن الأمثلة الأخرى أيضاً الإستيراد المتكرر غير الناجح للطفيل *Cotesia rubecula* إلى الشمال الشرقى للولايات المتحدة الأمريكية من أوربا لمكافحة آفة أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* والتى دخلت أمريكا من أوربا عام ١٨٠٠. وبالرغم من عدم نجاح أقلمة أى من الإستيرادات المبكرة لهذا العدو الحيوى من أوربا، فإن الإستيرادات التالية لنفس الطفيل لكن من شمال الصين (التى تقع على نفس خط العرض تقريباً ومشابهة مناخياً لمنطقة تواجد الآفة المستهدفة) قد أدى إلى إستقراره وتأقلمه وقدرته على المكافحة. وقد تكون الطرز البيولوجية biotypes أيضاً ذات أهمية فى مجال الممرضات النباتية. فعلى سبيل المثال، يوجد لحشيشة *Chondrilla juncea* ثلاث طرز معروفة، وأن مرض الصدأ الذى أستعمل بنجاح باهر وعلى نطاق واسع فى أستراليا يهاجم سلالة واحدة منها فقط، ولو أنه من المعروف أن هناك سلالات أخرى من هذا المرض يمكن أن تصيب السلالات الأخرى للحشيشة ولكن بدرجات أقل كثيراً.

الخطوة الخامسة: الإرتياد، والجمع، والشحن

بمجرد تحديد المناطق التى سوف يتم إرتيادها وأيضاً تحديد الأنواع التي ستؤخذ في الإعتبار، تبدأ رحلة الإرتياد والتي تشتمل على عدد من الخطوات التي تتضمن الحصول على تصريح جمع وشحن الأعداء الطبيعية، والسفر، وإرتياد أماكن الجمع للحصول على الأعداء الطبيعية، وشحن هذه العينات إلى الحجر الزراعى فى مناطق الإستقبال وغيرها من الإجراءات التى سوف تناقش بالتفصيل فيما بعد.

من الأهمية بمكان أن يتم البحث برؤية بيئية وتقسيمية للنوع النافع المستهدف، فقد يتضمن البحث أعداء طبيعية قريبة جداً للنوع المطلوب، أو فى بعض الحالات قد تختلف عنه تقسيمياً ولكن يشغل العدو الحيوى نفس البؤرة البيئية niche. ويجب أن يشمل البحث أيضاً مواسم وظروف مناخية متنوعة بسبب أن المجموعات الحشرية للأعداء الحيوية فى كل منها ربما تتفاوت بدرجات معنوية. ويجب أن يتم جمع عشائر نفس النوع من مناطق مختلفة تشتمل على السلالات المختلفة المحتمل تواجدها لنفس النوع. وقد يتطلب الأمر أكثر من رحلة للإرتياد فى مواسم زراعية مختلفة ليتم إختيار العنصر الملائم من عناصر المكافحه البيولوجية.

هناك غرض هام لعملية الجمع وهى تجميع أكبر قدر ممكن من المعلومات حول الأعداء الطبيعية لآفة معينة. وفى هذا السياق يجمع أى عدو طبيعى فاعل عند إكتشافه ويشحن إلى المعمل فى أماكن الإستقبال لتعريفه وتقييمه بشكل أوسع. ويسمح البحث فى نطاق جغرافى واسع بجمع عدد من الأعداء الطبيعية ذات مدى تقسيمى أوسع من ذلك فى أماكن قليلة محددة ومختارة والذى يسمح بجمع أعداء طبيعية مرتبطة فقط بآفة معينة. وغالباً ما تشتمل جمعات الموسم المبكر على أعداد أقل من طفيليات الآفة والطفيليات المفرطة عن تلك التى يتم جمعها فى نهاية الموسم.

الخطوة السادسة: الحجر والإستبعاد

تهدف إجراءات الحجر إلى إستبعاد الكائنات غير المرغوب فيها. ولذا يجب أن تشحن الأعداء الطبيعية التى تم جمعها من مناطق الإرتياد إلى منطقة الحجر فى مناطق الإستقبال للتأكد من خلوها من كائنات أخرى ضارة مصاحبة للشحنة أثناء عمليات الجمع والشحن. وهناك من القوانين التى تنظم عمليات شحن البضائع المستوردة وبصفة خاصة النباتات والأغذية والحيوانات. هذا ويجب ان يتواجد مبنى خاص بمواصفات معينة (معامل الحجر) فى منطقة الوصول تختبر فيه المواد المستوردة بأمان كامل.

تخدم معامل الحجر الخاصة بالأعداء الطبيعية غرضين أساسيين، الغرض الأول أنها تهيء مكاناً تحفظ فيه الشحنات المستوردة تحت إجراءات حجر أولية إلى أن يتم التخلص من الكائنات المصاحبة غير المرغوب فيها. وثانيها أنها تهيء مكاناً للإختبار الآمن للكائنات النافعة الفاعلة. وبالرغم من أن المهمة الأولى لتلك المعامل هو التخلص من الكائنات غير المرغوب فيها، إلا أنها أيضاً مكاناً تربى فيه الكائنات النافعة المرغوبة لعمل مزرعة مبدأية منها. وبالتالى يجب أن تهيء هذه المعامل ظروفاً بيئية مناسبة لتربية ناجحة للأنواع النافعة (وبالتبعية عوائلها) وفى نفس الوقت تمنع هروبها إلى الخارج.

تفتح العينات الواردة إلى معامل الحجر داخل خزانة chamber خاصة تسمح بالفحص وفصل مكونات الطرد وإستبعاد أى مواد غير مرغوب فيها. وعندئذ تفصل الكائنات الفاعلة وتحفظ فى الحجر لإكثارها كما سيأتى بالتفصيل فيما بعد.

ولكى تكون الأعداء الطبيعية المختارة ذات فائدة وفاعلة يجب أن يكون لها القدرة على أن تكمل دورة حياتها على العائل الأولى المتاح فقط. وتعتبر الإختبارات التى تؤكد هذا دليلاً، بصفة عامة، على أن هذا النوع طفيل أولى، أو مفترس، أو ممرض وليس طفيلاً مفرطاً أو مترمماً فى سلوكياته. هذا ويلزم إجراء إختبارات التخصص العائلى حيثما ترتبط الآفة المستهدفة (مثل الحشيشة) بكائنات أخرى (نباتات أخرى) ذات أهمية فى وسط الإنتشار. وبالنسبة للحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية التى تستورد كعناصر للمكافحة البيولوجية، لابد أن يجرى عليها المزيد من الإختبارات الإضافية التى تهدف إلى تحديد المدى العوائلى للنوع النافع لكى نتجنب إطلاق نوع فى وسط إنتشار به نباتات مرغوب فيها يمكن أن تتاثر بهذا العدو الحيوى. تعرف هذه الإختبارات بإختبارات الأمان كما سيأتى ذكره بعد. ويعتبر تأسيس مزارع خالية من التلوث من الأهداف الجوهرية لإجراءات الحجر، فقد تتعرض تعدادات الأعداء الطبيعية لمخاطر جوهرية فيما لو تم غزو مزارعها بكائن آخر. فقد تُفقد أو تتناقص الطفيليات أو المفترسات أو الأنواع العاشبة المرغوب فيها من مزارعها بظهور عدو آخر يتنافس معها على نفس العائل.

قد تتعرض الأعداء الطبيعية العاشبة phytophagous natural enemies للإبادة عندما تلوث مزارع عوائلها بنوع عاشب آخر. كما قد تتعرض الأعداء الطبيعية العاشبة لهجوم من طفيليات أو ممرضات، وفى كل الحالات فإن حماية مزرعة صغيرة نقية فى الحجر هو هدف أساسي عند التعامل مع مواد مستوردة. هذا ويتشابه التداول الآمن للممرضات الحشرية مع نظيره للمجاميع الأخرى من الكائنات من حيث ضمان عدم إطلاق أنواع ضارة، وأيضاً عدم تلوث المواد المستوردة.

الخطوة السابعة: الإختبار الآمن وعزل الأعداء الطبيعية لدراسة مستقبلية

قد يتطلب الأمر إختبارات خاصة بالمدى العوائلي بالنسبة لبعض مجاميع الأعداء الطبيعية، وبصفة خاصة الحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية المستوردة ضد الحشائش، لتحديد صلاحيتها فى وسط الإنتشار الجديد قبل إطلاقها. عادة ما يكون الهدف من هذه الإختبارات تحديد القدرة على التغذية أو العدوى، والقدرة البقائية survival والإنتاجية productivity على مجموعة من الأنواع النباتية عادة ما تكون قريبة تقسيمياً من الحشيشة المستهدفة، أو غيرها من نباتات ذات قيمة خاصة لتحديد صلاحيتها لتغذية النوع المستورد. تتضمن هذه النباتات الأخرى نباتات محصولية لا علاقة لها بالحشيشة لكنها تنمو معها فى المنطقة التى سيتم فيها الإطلاق فيما لو أن هذه النباتات لا تتواجد فى المنطقة التى جمعت منها هذه الحشرات العاشبة. تجرى هذه الإختبارات داخل الحجر وما تزال الأعداء الطبيعية محجوزة به. تعكس مثل هذه التجارب التي تجرى على أداء العدو الحيوى صورة محدودة عن السلوك الطبيعى المتوقع له فى الحقل، لكنها تمدنا بمعلومات حول المدى العوائلي للعدو الطبيعي.

يسمح بالإطلاق من الحجر فقط للأعداء الطبيعية التى سبق الوقوف على مداها العوائلى فى البيئة الجديدة. لا يكون درجة إتساع هذا المدى العوائلى المقبول ثابتاً، بل يمكن أن يتغير من برنامج إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى، حتى ولو لنفس الحشرة المستهدفة أو نوع العدو الحيوى، إذ يعتمد ذلك على ظروف منطقة الإطلاق. وبصفة عامة، تكون الأعداء الطبيعية مهيأة للإطلاق فيما لو أن الإطلاق سوف لا يعرض أنواع النباتات المرغوبة أو ذات القيمة (أو الحيوان) لمخاطر فى مناطق الإطلاق أو فى المناطق المجاورة لها. وعادة فإن التغذية على كميات قليلة من النباتات غير المستهدفة لا تؤخذ فى الإعتبار ولا تشكل عائقاً للإطلاق، وأن الأعداء الطبيعية ذات المدى العوائلى الضيق غالباً ما تكون مقبولة ومفضلة للإطلاق.

عادة لا تتعرض الطفيليات والمفترسات لإختبارات المدى العوائلى بنفس الدقة لعدة أسباب منها:-

١- يستورد العديد من تلك الأعداء الطبيعية لمجابهة آفات دخيلة ليس لها أو لها عدد قليل جداً من الأنواع القريبة لها تقسيمياً فى هذا الموطن الجديد، وفى مثل هذه الحالات تكون الأعداء الطبيعية المستوردة متخصصة بما فيه الكفاية فى الموطن الجديد لدرجة يستبعد معها أى تأثير ضار على غيره من الأنواع غير المستهدفة.

٢- أن المدى العوائلى لعديد من الطفيليات، وبدرجة أقل لبعض المفترسات من مفصليات الأرجل، يكون محصوراً فى عدد قليل من الأنواع أو الأجناس داخل العائلة. وأن مثل هذه الأنواع من العوائل ليست عرضة لمخاطر الإنقراض إذ أن إضافة أعداء طبيعية جديدة للوسط نادراً ما تسبب نسبة موت جوهرية للعوائل غير المستهدفة. يمكن أن تحدث بعض الإستثناءات وبصفة خاصة عندما يتزامن إضافة الأعداء الطبيعية مع حدوث عوامل أخرى مثل تدمير الموطن habitat destruction وبصفة خاصة فى الجزر، لكن يندر وجود أمثلة وبيانات قاطعة على حدوث ذلك. وبصفة عامة، فإن التقويم المعملى للمدى العوائلى للحشرات الطفيلية أو المفترسة يكون من الصعب تفسيره، ويخضع لنفس القيود التى تطبق على الحشرات العاشبة، وبالتالى فإن السلوك داخل المعمل لا يكون قاطعاً تماماً لسلوك الحشرة أو قدرتها على قمع الآفة تحت الظروف الحقلية.

وبصفة عامة، فبينما تفضل عناصر المكافحة البيولوجية العالية التخصص بسبب عظم فاعليتها وأمانها للكائنات غير المستهدفة، إلا أنه فى بعض الحالات، كما هو الحال فى أكاروسات عائلة Phytoseiidae المفترسة، يكون إستعمال الأنواع ذات عادات التغذية الأوسع generalists لكنها مرتبطة بدرجة كبيرة بالنبات الموجود عليه الآفة، محققاً لإستراتيجية فاعلة عند إستيرادها.

يشمل إستيراد الفقاريات، رغم قلتها، تقويمات إضافية لعاداتها الغذائية وغيرها من الصفات السلوكية. فى حالة السمك، فإن إجراء التجارب فى برك للتجارب أو ترع صناعية يسمح بالدراسة فى ظروف منعزلة. إن إحتمالات ظهور بعض الخصائص غير المرغوب فيها، مثل التغذية على بيض أنواع أخرى مرغوب فيها من الأسماك، مازال وارداً بعد أن يسمح لعشائر هذا الكائن الفقارى بالتوطين على نطاق واسع. ولذا لابد من بذل مجهودات مكثفة للوقوف على مثل هذه المشكلات الحيوية إذا ما تم التفكير فى إطلاق الأنواع الفقارية.

الخطوة الثامنة: التوطين الحقلى وتقويم الفعالية

يعتبر توطين colonization النوع الجديد فى الحقل خطوة فاصلة فى إستيراد الأعداء الطبيعية تلى توطيد establishment مزارع نقية منه والسماح بإطلاقه. تبين السجلات التاريخية والمراجع العلمية أن ٣٤% من محاولات توطين الأعداء الطبيعية قد أظهرت نجاحاً، ويمثل هذا الحد الأدنى لنسب النجاح. وترتبط قدرة العدو الحيوى على توطيد ذاته establishment فى الحقل على عديد من العوامل البيئية، والفنية، والمالية، والإنسان ذاته.

يرجع العديد من حالات فشل توطيد الأعداء الطبيعية إلى إختيار عناصر حيوية غير مناسبة للغرض المقصود، إما بسبب عدم قدرتها على المعيشة تحت الظروف المناخية فى الوسط الجديد، أو بسبب عدم صلاحيتها فى مهاجمة الآفة المستهدفة، وهنا يتحتم على الباحثين ضرورة البحث عن نوع آخر أو سلالة أخرى من الأعداء الطبيعية أكثر مناسبة. هناك البعض من الأعداء الطبيعية التى يمكنها مهاجمة الآفة المستهدفة، لكن يتم ذلك بطريقة عرضية أو صدفة accidental أو لسبب ما، وفى مثل هذه الحالات لا يقوم العدو الحيوي بالبحث جيداً عن عائله المستهدف ولا يمكنه التكاثر جيداً عليه إذا ما كان إرتباطه الأول مع بعض العوائل الأخرى. فى حالة الأعداء الطبيعية للآفات العاشبة يمكن أن يكون العائل النباتى الذى يتواجد عليه العدو الحيوى وعائله عاملاً هاماً، فالخصائص النباتية مثل المكونات الكيميائية وملمس الورق، والشعيرات والتركيب النباتى كلها عوامل هامة يمكن أن تؤثر على قدرة الأعداء الطبيعية في أن لا تهاجم إلا العوائل المناسبة. فلو أن العدو الحيوى تم الحصول عليه من الآفة المستهدفة على المحصول الرئيسى الذى يتأثر بتلك الآفة، فإن هذا دليل مؤكد على أن هذا العائل النباتى مناسب لهذا العدو الحيوى. أما إذا تواجدت الآفة المستهدفة على عدد من أنواع النباتات أو على نوع آخر ذو أصناف كثيرة أو على عشائر محلية تختلف فى صفاتها الفسيولوجية والكيماوية، فيمكن أن يكون للأعداء الطبيعية تأثيرات متباينة على عشائر نفس العائل المتواجدة على مختلف العوائل النباتية.

هناك إعتبار إضافى فى توطيد الأعداء الطبيعية وهو التماثل المناخى بين الموطن الأصلى وموطن الإطلاق. ففى بعض الحالات النادرة، إنتقلت عناصر بيولوجية بنجاح بين ظروف بيئية ومناخية غير متشابهة. وعلى العكس من ذلك تكون الأعداء الطبيعية أكثر نجاحاً عندما تختار من مناطق ذات ظروف مناخية مشابهة إلى درجة كبيرة مع مثيلاتها فى منطقة الآفة المستدفة. تشمل العوامل المناخية ذات الأهمية فى التأثير كل من درجات الحرارة الصغرى والعظمى، والرطوبة، وتأثير الأمطار الموسمية على العائل وعلى العائل النباتى، وكذا فترة الإضاءة. يمكن إستغلال الخرائط المناخية أو البيانات الجوية الكمبيوترية لإظهار مدى التناظر بين مناطق الإستيراد ومناطق الإطلاق لكى تساعد الباحثين فى جمع الأنواع المستوردة مباشرة من مناطق مشابهة لمناطق الإطلاق.

يمكن زيادة فرص توطيد establishment عدو حيوى معين بتعظيم عدة عوامل أثناء برنامج الإطلاق. تتضمن هذه العوامل عوامل وراثية، وصحة أفراد المستعمرة، وعدد وطور الأفراد التى سوف يتم إطلاقها، وإستخدام أفضل وسائل الإطلاق، وحماية مناطق الإطلاق. وبصفة عامة، فإن الإطلاقات التى تحتوى على أعداد كبيرة من أفراد سليمة فى أقوى أطوارها وتطلق تحت أنسب الظروف مع تعدادات مناسبة من العائل، يكون لها فرص أكبر للنجاح وتوطيد نفسها.

من المرغوب فيه أن يتم الإطلاق داخل عدد من المناطق التى تختلف فى ظروفها الزراعية والجغرافية والمناخية حتى يمكن بهذه الوسيلة إستبعاد النتائج السيئة للتقلبات الجوية التي قد تؤثر على منطقة إطلاق معينة فى البلد الجديد.

بعد إطلاق العدو الحيوى، لابد من متابعة monitoring عشائره لتحديد فيما لو تم توطيده من عدمه، وعادة ما يحدد التوطيد بإكتشاف وجود العدو الحيوى بعد مرور ١٢ شهراً أو أكثر من آخر إطلاقه، وذلك بأخذ عينات من تعداد الآفة للتأكد من وجود النوع الجديد الذي تم إطلاقه. وحيثما تتواجد عشائر قريبة تقسيمياً من الأعداء الطبيعية، فإن أخذ مثل تلك العينات تتطلب تعريفاً جينياً للتمييز بين الطرز البيولوجية. يجب أن تتم عملية المتابعة فى كل موقع من مواقع الإطلاق بسبب إختلاف تلك المواقع فى عناصر أجوائها الدقيقة microelements ومناسبتها لتكاثر الأعداء الطبيعية. كذلك لابد أيضاً من تسجيل البيانات عن الأحوال الجوية فى كل موقع لتحديد فيما لو أن الظروف المناخية أو غيرها من الظروف الأرضية قد تغيرت أثناء إجراء برنامج التوطين. كذلك يجب تسجيل بيانات عن التوطيد مع نشرها بغرض الإعلان عن وجود نوع جديد من الأعداء الطبيعية فى المنطقة التى تم فيها الإستيراد.

قد يتطلب توطين عنصر حيوى تكرار المحاولات قبل أن يتحقق النجاح. وعادة ما يكون برنامج التوطين طويل المدى. ويعتبر عدم المثابرة وتكرار المحاولات، وضعف المجهود المبذول من أكثر الأخطاء شيوعاً فى الخطوات التى تؤدى إلى فشل توطين الأعداء الطبيعية. وعلى كل، فإذا ما إتضح من المحاولات المتكررة أن عنصر حيوى ما ليست له القدرة على أن يوطد ذاته تحت الظروف البيئية الجديدة فإن أى محاولات أخرى لاحقة لتوطيده سوف لا تكون ناجحة أو مناسبة.

الخطوة التاسعة: كفاءة العدو الحيوى وتقويم البرنامج

بمجرد التأكد من أن العدو الحيوى الجديد أستقر وتوطد وتأقلم فى البيئة الجديدة، يمكن عندئذ تقويم تأثيره على عشائر الآفة. تعتبر هذه الخطوة قاطعة وباتة لإتمام عملية الإستيراد حيث أنها تُقَوِّم كمياً التأثير الذي أحدثه العدو الحيوى بالنسبة للآفة المستهدفة فى الوسط الجديد. تسهم هذه المعلومات مباشرة فى تخطيط البرنامج، فلو أن العدو الحيوى كان له تأثير فعال فى خفض معدلات معيشة وتكاثر الآفة المستهدفة، فإن توزيعه فيما بعد فى أماكن الإصابة بهذه الآفة سوف يكون مضموناً، أما إذا لم يكن لديه هذه القدرة، توجه المجهودات لإختيار أعداء طبيعية أخرى.

إضافة إلى تقويم فعالية العدو الحيوى، فإنه من المطلوب أيضاً برنامجاً أطول مدى عن تقويم المكافحة البيولوجية ككل وتأثيرها على الآفة المستهدفة. قد تتطلب العشائر أجيالاً عديدة لتوطيد نظام العلاقة الجديدة بين العدو الحيوى والآفة حتى تصل إلى حالة التوازن من جديد. وبمجرد الوصول إلى هذا التوقيت الزمنى (أو قد يكون مبكراً عن ذلك إذا تم التقويم الكمى للأعداء الطبيعية) يمكن تقدير درجة الإنخفاض فى تعداد عشائر الآفة المستهدفة الذى تحقق بسبب إطلاق العدو الحيوى. فلو كان هذا الإنخفاض كاف، يمكن تطبيق البرنامج على نطاق واسع، أما إذا كان غير كاف فيجب إعادة النظر فى هذا البرنامج فى ضوء ما تم إكتشافه من سلبيات. يمكن أن يؤخذ في الإعتبار الحاجة إلى أعداء طبيعية مختلفة وبصفة خاصة إذا كان قد تم إكتشاف أعداء حيوية أثناء مرحلة الإرتياد فى برنامج الإستيراد. فلو ظهر أن أنواعاً أو سلالات إضافية من الأعداء الطبيعية يمكن أن تستورد بنجاح، فيمكن تصميم برامجها لتقويمها فور توطيدها. أما إذا لم يتعرف على أعداء طبيعية أخرى، فالحاجة تكون ماسة لعمليات إرتياد إضافية.

مزايا إجتماعية

تعتبر المكافحة الحيوية فى مفهومها الأشمل واحدة من طرق عديدة فيها يدير ويغير الإنسان من ظروف البيئة. تغزو عديد من النباتات والحيوانات مناطق عديدة فى العالم. ويكون لهذه الحركات أو الغزو فى بعض الأحيان، تبعات سلبية غير متوقعة، إذ تصبح هذه الكائنات آفات. وتعتبر المكافحة البيولوجية إستجابة لمثل هذه الأحداث التى تشمل تحريك أنواع نافعة إضافية لتصحيح الضرر الذى تسببه الأنواع الدخيلة التى أصبحت آفات.

ترتبط المكافحة البيولوجية عن طريق إستيراد الأنواع النافعة بمزايا عظيمة جداً. تتضمن هذه المزايا إنخفاض فى تعداد الآفات والحد من خطورتها وتأثيراتها الضارة المختلفة، وتقليل إستعمال المبيدات وتلوث البيئة، وزيادة إنتاجية المساحات المنزرعة، والحفاظ على المحميات الطبيعية. بالإضافة إلى ذلك، فى حالة برامج مكافحة الحشائش بيولوجياً، هناك زيادة فى أعداد وتنوع الأنواع المرغوبة من النباتات عقب البرامج الناجحة لمكافحة الحشائش. لذا فهناك مزايا كثيرة إجتماعية وإقتصادية وبيئية لخفض تعداد الآفات من خلال المكافحة البيولوجية.

الأمان

تكمن مخاطر المكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أنواع جديدة من عناصر المكافحة البيولوجية، فى تأثيراتها المحتملة على الكائنات غير المستهدفة، مثل ما حدث فى برنامج إستيراد القوقع المفترس *Euglandia rusea* لمكافحة القوقع الأرضى *Achatina fulica* والذى أدى إلى

إنقراض القوقع الأرضى *Partula* فى جزر الباسفيك وهى قواقع غير مستهدفه فى البرنامج إذ لم يكن مكافحتها هدف من أهداف البرنامج.

كانت معظم حالات الضرر من المكافحة البيولوجية مبكرة الإجراء كإستيراد الفقاريات والتى لم تستمر لمدة طويلة، وكانت إستراتيجية إستبعاد المخاطر ناجحة بالفعل. فعلى سبيل المثال، ليس هناك ما يدل على أن الكائن نباتى التغذية الذى يختبر قبل إطلاقه ويستعمل عندئذ فى برامج المكافحة البيولوجية للحشائش يسبب أى ضرر دائم للمحاصيل المرغوبة. وفى الحقيقة، فإن المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الطبيعية هى صورة من الصور المباشرة للإدارة البيئية. يوضح جدول (١:٦) الدرجة النسبية للمخاطر المختلفة عند إستعمال الأعداء الطبيعية.

تنشأ عناصر الأمان من مفهوم منع أو تقليل التأثيرات السلبية المحتملة من إستيراد الأعداء الطبيعية من خلال ثلاث عمليات تتم أثناء الإستيراد وهى:-

١- تلوث فى المواد المستوردة

٢- إطلاق غير متعمد من المواد المستوردة فى الحجر

٣- تأثير سلبى غير مرئى للعناصر الحيوية المختارة للإطلاق.

يمكن التغلب على العنصرين الأولين من خلال تقليل الضرر المحتمل للملوثات فى المواد المشحونة، والإطلاق تحت مراقبة شديدة داخل الحجر، وإتلاف الكائنات غير المرغوب فيها، والتعامل بحرص وبدقة مع المواد المستوردة داخل الحجر إلى أن يتم إطلاقها. وبذا يمكن أن تصل المخاطر إلى الصفر بالنسبة لكل من هذين العنصرين.

أما فيما يتعلق بالعنصر الثالث، فإن عديداً من التأثيرات السالبة غير المتوقعة للأعداء الطبيعية المستوردة يمكن أن تدرس وتختبر لتعظيم درجة الأمان فيما يتعلق بهذا العنصر، ويمكن أن يتم ذلك من خلال ثلاث محاور:-

أ- يجب أن لا يؤثر الإطلاق المقصود سلباً على برنامج المكافحة البيولوجية نفسه. فعلى سبيل المثال، فلو أن أفراد العدو الحيوى الذى سيطلق يحتوى على ممرض أو طفيل مفرط للعدو الحيوى فسوف يؤثر ذلك على فاعلية العدو الحيوى المقصود. ولذا فإن الدراسات البيولوجية الدقيقة للأنواع المستوردة يمكن أن تحد من مخاطر تلك العوامل التى تؤثر بالسلب على برنامج المكافحة.

ب- قد يحدث ضرر للمحاصيل أوغيرها من النباتات أو الكائنات المرغوبة عقب إطلاق العدو الحيوى. ولذا فإن إختبارات المدى العوائلى الدقيقة التى تجرى قبل الإطلاق سوف تقلل من حدوث مثل هذه الأضرار غير المحببة.

جـ- قد يكون هناك تأثيرات غير متوقعة على الكائنات غير المستهدفة فى البيئة. يمكن تقليل إحتمالات حدوث هذه التأثيرات عن طريق تطبيق معايير صارمة فى إختيار العناصر الحيوية للإطلاق، متضمنة إستبعاد الفقاريات (بإستثناء نظم مائية معينة certain aquatic system)، واللافقاريات الإجتماعية، واللافقاريات العاشبة أو الطفيليات أو المفترسات ذات المدى الغذائى الواسع. إضافة إلى هذا، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار التكوين الإيكولوجى الذى سوف يطلق فيه العدو الحيوى. فعندما يتضمن هذا التكوين أنواع أومجموعات ذات قيمة خاصة، فيمكن أن يتضمن تقويم أهداف البرنامج والدراسات البيولوجية للأعداء الحيوية إعتبارات خاصة لتأثيراتها المحتملة على مثل تلك الأنواع ويبحث عن الأعداء الطبيعية التى لاتهاجم مثل هذه الأنواع عالية القيمة. ويظهر أن التأثيرات السالبة غير المتوقعة على الكائنات غير المستهدفة من خلال إطلاق الأعداء الطبيعية نادرة الحدوث، وعادة ما تكون غير ذات وزن مقارنة بالإيجابيات البيئية التى تحدث عند خفض كثافة الآفة المستهدفة.

جدول (١:٦) الدرجة النسبية للمخاطر المختلفة عند إستيراد الأعداء الطبيعية

نوع العدو الحيوى	درجة المخاطرة	تعليق
الفقاريات Invertebrate (الطيور، الثدييات، الأسماك ...الخ)	١٠	غير آمنة على الإطلاق، يجب عدم إستيرادها خارج نطاقها التاريخى للتوزيع الطبيعى لها.
المفصليات الأرضية الكانسة Terrestrial arthropod scavengers (خنافس الروث)	٥	يعتمد تأثيرها على المجتمع والبيئة التى سوف تستورد لها. يعتمد التأثير على المنافسة وليس العلاقات الغذائية.
المفترسات الإجتماعية غير الفقارية Social predatory invertebrates (النمل، الذنابير مثل عائلة Vespidae)	١٠	غير مناسبة خارج نطاق التوزيع التاريخى لها، تقوم باللسع كما أنها تقوم بإعاقة اللافقاريات المحلية (النمل يحل محل النمل المستوطن فى البيئة)
ذباب عائلة تاكينيدى Tachinid flies	١ - ١٠	المخاطرة متغيرة ومختلفة، بعض الأنواع مثل *Compsilura concinnata* هى طفيليات واسعة المدى

نوع العدو الحيوى	درجة المخاطرة	تعليق
		العوائلى (تهاجم حوالى ٢٠٠ نوع حشرى) والتى تؤثر على العديد من الأنواع المحلية. البعض الآخر مثل *Myiopharus* والتى تهاجم خنفساء الكلورادو هى متخصصة جداً.
طفيليات غشائية الأجنحة Parasitic Hymenoptera (فوق عائلتى Chalcidoidea & Ichneumonoidea)	١ – ٣	مختلفة المدى العوائلى، ليس هناك تأثيرات عكسية واضحة مسجلة حتى الآن.نحتاج لدراسة التأثيرات على الكائنات غير المستهدفة كما أنه يجب دراسة المدى العوائلى بعناية قبل الإطلاق.
الحشرات المفترسة Predatory insects	٣	المدى العوائلى لها أوسع مقارنة بالطفيليات الحشرية، كما أن تأثيرها على الفرائس يكون خفي لإتساع المدى العوائلى. التأثيرات الجانبية على المفترسات المحلية ذات نفس المدى العوائلى ذات أهمية خاصة بالنسبة لأبى العيدات.
المفترسات الأكاروسية Predatory mites (Phytoseidae)	١–٢	مختلفة المدى العوائلى ومعظمها غير عالى التخصص. تتغذى بعضها على حبوب اللقاح. يجب دراسة التأثير الجانبى على الكائنات غير المستهدفة.

(١ قليل الخطر & ١٠ عالى الخطر) (فان دريتش وهودل Van Driesche و Hoddle، ٢٠٠٠).

ب– طرق إستيراد الأعداء الطبيعية Methods of natural enemy introduction

تتضمن برامج المكافحة البيولوجية، القائمة على إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الحيوية، عدة خطوات، كل منها يسهم بنصيب للحصول إلى التفعيل الكامل لمثل هذه البرامج، ويمكن تقسيم هذه الخطوات إلى:

١– الإرتياد والجمع.
٢– شحن الأعداء الطبيعية.
٣– عمليات الحجر للمواد المستوردة .
٤– التأكد من أمان safety الأعداء الحيوية المستوردة.
٥– التوطين الحقلى للأعداء الطبيعية وتقويم البرنامج النهائي.

أولاً: رحلة الجمع:

١- التخطيط والإعداد

ا- الموافقات والتنظيم وإمكانيات الحجر:

يعتبر الحصول على الموافقة على الجمع وتصدير وإستيراد المادة التى تم جمعها والتنسيق مع إمكانيات الحجر للتعامل مع تلك المواد المشحونة هي الخطوات الأولى فى تخطيط وتنظيم رحلة الارتياد.

تكون هذه الموافقات مطلوبة ليس فقط لإستيراد المواد التى جمعت إلى الموطن الجديد، بل أيضاً للموطن الأصلى الذى ستجمع منه العينات حيث القواعد التى تحكم عملية جمع وتصدير المواد الحية أو العينات الميتة (كما فى حالة المتاحف). قد لايكون هناك قوانين دولية تحكم بصفة خاصة شحن الأعداء الطبيعية، لكن يمكن شحنها وفقاً لقوانين عامة أخرى تحكم إستيراد أو إستقبال الكائنات غير المتوطنة non-native. وبنفس الشئ فإن الحكومة لديها من القوانين التى تحكم عملية تحريك movement وإطلاق release الكائنات غير المتوطنة وهذه يمكن أن تطبق على إستيراد الأعداء الطبيعية.

قد يتطلب الأمر موافقات منفصلة للإستيراد إلى الحجر والإطلاق منه، ويجب أن يتضمن التعاون مع إمكانيات الحجر صور من هذه الموافقات، وعن التواريخ المتوقعة لوصول الشحنات، وعن الرسوم الجمركية للمادة المشحونة، وترتيبات خاصة بالتعامل مع هذه المواد وحفظها ونقلها إلى الباحثين. كذلك لابد من عمل ترتيبات مع معمل الحجر المستقبل للعينات.

ب - التمويل

عادة ما تتطلب برامج إستيراد الأعداء الحيوية مصدراً طويل الأمد للتمويل الثابت، إذ قد يتطلب البحث عن الأعداء الطبيعية من ١٢-١٨ شهراً فى التجهيزات، وعدة شهور فى البحث، وأشهر أو سنين للأعمال التالية الخاصة بتقويم كفاءة الأعداء الطبيعية المستوردة. ويجب أن يتضمن هذا التمويل دعم مالي للقائمين بالعمل فى المعهد الأم (منطقة الإستقبال) حيث التعامل مع المواد المستوردة فى الوقت الذى يكون فيه المرتاد خارج البلاد، ودعم مالى لإنماء مستعمرات للعائل الحشرى، والحفاظ عليه لمدة قد تصل إلى عدة أشهر قبل وبعد الإرتياد، وكذا دعم مالى للحفاظ على المزارع المعملية للأعداء الحيوية المستوردة.

يتضمن أيضاً التمويل المالي لرحلة الإرتياد تكاليف السفر والإقامة، والنقل للمواد المشحونة، وشراء الأدوات اللازمة للإرتياد. وفى بعض الجهات، قد يتطلب الإنتقال الداخلى من وإلى مواقع الجمع إلى الإستعانة بسائقين مهنيين.

٢- الجامع أو المرتاد

يجب على المرتاد أن يكون ملماً إلماماً كافياً بالآفة المستهدفة وأعدائها الطبيعية، متضمناً التوزيع الجغرافى والمدى العوائلى والعوائل النباتية، والبيولوجيا، والوضع التقسيمى. كذلك يجب أن يكون المرتاد مستعد للسفر تحت ظروف مختلفة يحتاج فيها إلى معرفة لغة وعادات المناطق التى سوف يرتادها. ومن المهم تكوين علاقات مع الزملاء والباحثين حتى تكون الإستفادة كاملة فى الوقت المسموح به للبحث.

أ- تخطيط الرحلة

قبل المغادرة لبدء الرحلة، لابد أن يكون هناك خط سير مفصل للتعاون مع إمكانيات الحجر وغيرها من الهيئات المشتركة فى البرنامج. ولابد من الحصول على جواز السفر والموافقات بالسفر. ومن المفضل أن تكون معدة من قبل. يمكن أن يمد الإتصال بالزملاء فى الخارج المرتاد بمعلومات جيدة وذات قيمة عن أنسب المواسم والمواقع التى يمكن أن يتضمنها الإرتياد. إذا كان هناك حاجة إلى مرشدين، فيمكن أن ينصح الزملاء فى الخارج عن إمكانية ذلك وتكاليف هذه الخدمة. كما يجب أن يتضمن خط سير الرحلة التاريخ المتوقع لإستقبال الشحنة فى معامل الحجر. هذا ويفضل فى حالة حدوث أى تغيير فى هذه التواريخ المتوقعة للشحن أو أى تغيير فى خطة الرحلة أن يتم ذلك تليفونياً أو تلغرافياً أو عن طريق الفاكس، لإعلام إمكانيات الحجر والمعهد القائم بالعمل.

ب- الأدوات

يجب أن تتم الترتيبات الخاصة بالأدوات اللازمة قبل الرحيل. وعادة ما يحمل المرتاد هذه الأدوات معه، لكن فى حالة ما إذا كان العمل سيتم بالتضامن مع المعمل فى القطر الأجنبى، فيمكن التغاضى عن بعض هذه الأجهزة مثل الميكروسكوبات.

ويمكن تقسيم هذه الأدوات إلى ثلاث مجاميع. أدوات الجمع (مثل الخرائط، جوانتيات، كاميرا، أكياس الجمع، صندوق ثلج ice chest، مناشير، معول soades، جاروف hovel، مسطرين rowels، مقص تقليم)، وأدوات التعريف والتداول handling (مثل ميكروسكوبات، عدسات مكبرة،

عبوات صغيرة لعزل العينات، بطاقات labels، أستك rubber bunds، عسل، دبابيس تحميل، أطباق بترى مزودة ببيئات زراعة الممرضات، ملاقط، كحول)، وأدوات التعبئة packing والشحن (مثل صناديق الشحن، بطاقات عناوين address labels، بطاقات حجر quarantine labels، شريط لصق، صور من تصريح الشحن، دوبارة string). وتتفاوت الإحتياجات الخاصة من مثل هذه المجاميع وفقاً للكائنات المستهدفة. وقد تتضمن أيضاً مراجع خاصة بتعريف العوائل النباتية والحشرية والأعداء الطبيعية.

٣- إتمام الإرتياد

أ- المستندات

من الخطوات الأساسية فى إقامة أى رحلة إرتياد فى الخارج إتمام عمليات البحث فى الأدبيات literature والدراسة التقسيمية، ودراسة مقتنيات المتاحف museum materials، ومذكرات المرتادين السابقين الذين تعاملوا مع نفس الآفة أو منطقة البحث، وتبادل المعلومات والمراسلات مع الزملاء بالخارج لتحديد أنسب الفصول والمواقع للإرتياد. ويجب أن يكون لدى المرتاد جواز سفر صالح valid والفيزات الضرورية وإتمام عمليات التحصينات وكل ما يتعلق بالأمور الطبية ولا مانع من وجود كروت لأصحاب الأعمال.

ب- السفر

يجب على المرتاد أن يكون مزوداً بكل إحتياجاته الخاصة. من المتطلبات الرئيسية من ماء الشرب، أقراص لتنقية المياه، أطعمة عالية الطاقة، الضرورى من الأدوية. وقد يزود نفسه بعبوات لشحن المواد إذ قد يصعب الحصول عليها فى بعض المناطق. ويجب أن يكون خط سير الرحلة مخططاً تخطيطاً جيداً مع الحصول على كل التذاكر قبل مغادرة بلده إذ قد يصعب الحصول على تذاكر فى بعض المناطق وقد يكون من المناسب فى بعض المناطق مراجعة قنصليته للإبلاغ عن وجوده مع تسجيل عنوانه فى البلد الأجنبي ليسهل الإتصال به عند الضرورة. هناك إحتياجات أخرى مناسبة مثل أخذ مياه للشرب فى الحقل، وقبعة للحماية من الشمس فى الأجواء الحارة وأى وسائل أخرى للحماية يمكن إتباعها.

ج- الجمع

على المرتاد أن يجمع بقدر ما يستطيع من المادة material المطلوبة ويمكن أن يساعد الزملاء المحليين فى تحديد أنسب الأماكن والنباتات الزراعية المناسبة للجمع، وغالباً ما يكون

طلاب الدراسات العليا المحليين ذوى مهارة فائقة فى هذا العمل. عادة ما يكون البحث عن العشائر المحلية native للأعداء الطبيعية وعوائلها والتى عادة ما تكون فى كثافات عددية منخفضة جداً عن المناطق التى يكون فيها النوع المستهدف هو الآفة. لابد أيضاً أن يحتفظ الجامع بمذكرات حقلية تتضمن تواريخ الجمعات، وأسماء القرى والمزارع، والذين تم التعامل معهم، وملاحظات عن المواطن المختلفة، والمجتمع النباتى وأنواع العوائل النباتية والحشرية المتواجدة والمصادر المحتملة للأعداء الطبيعية. كذلك يجب الإحتفاظ بمذكرات عن الآفات الأخرى المتواجدة والمصادر المحتملة للأعداء الطبيعية للمحاصيل الأخرى. تكون الخرائط (من الوطن الأم أو الخارج) والصور الفوتوغرافية ذات قيمة، إضافة إلى أى معلومات تفيد فى تحديد أماكن البحث بدقة وتكون مثل هذه السجلات ذات أهمية، وبصفة خاصة، عند التخطيط لرحلات مستقبلية. يجب أن تؤخذ الحيطة فى حفظ المادة المجموعة تحت ظروف مثلى أثناء التواجد فى الحقل، ويمكن إستعمال صندوق تبريد عازل أو أى وسيلة أخرى للحد من التغيرات فى درجات الحرارة، إضافة إلى إستخدام أوعية جمع مناسبة.

د- التجهيز

لابد أن يكون هناك وقت كاف كل يوم لعزل وتجهيز المادة المجموعة للتخزين والشحن. وإعتماداً على كمية المادة المجموعة من الحقل فقد يزيد الوقت اللازم لتجهيز ما جمع عن الوقت الذى بذل أثناء الجمع. بالإضافة إلى إمكانيات المعمل المحلى التى تمد الجامع بمكان للعمل وبالإضاءة والميكروسكوبات وغيرها من الإمكانيات، يجب أن يحمل المرتاد معه، بصفة عامة، كل هذه المواد والأجهزة الضرورية لتجهيز المجموعات.

هـ- الشحن

يجب أن تشحن المواد التى تم جمعها إلى إمكانيات الحجر تحت أنسب الظروف، وسوف تغطى هذه الجزئية بالتفصيل فيما بعد، لكن هناك بعض الأمور يجب ذكرها هنا ربما تؤثر على تخطيط عملية الإرتياد. يجب أن يتم الشحن بالطيران air freight أو إذا أمكن، بالبريد الجوى air mail. وقد يحتفظ الجامع بالمادة التى جمعت لعدة أيام قبل الوصول إلى المدينة حيث يتواجد المطار. وقد تشكل اللغة عائقاً بالنسبة للجامع عند إتمام إجراءات الشحن فى المطار وهنا تكون الإستفادة بالزملاء المحليين واجبة. أما إذا تم الشحن بالبريد الجوى فيجب لصق طوابع البريد جيداً والتأكد من عدم سهولة إزالتها باليد.

يجب أن يخطر المسئولين فى إمكانيات الحجر بميعاد الشحن تليفونياً أو تلغرافياً أو عن طريق الفاكس للإعلام عن إسم الشركة الحاملة للعينة ورقم الرحلة وميعاد مغادرتها ووصولها، هذا ويجب أن يكتب على العبوة من الخارج الموافقات الضرورية والعنوان ليسهل التعرف عليها بواسطة رجال الجمرك والتفتيش.

ثانياً: عمليات الشحن

يمثل شحن الأعداء الطبيعية الحية الخطوة الحرجة فى عملية الإستيراد. تتضمن عملية الشحن ثلاث خطوات رئيسية:

١- الإلمام بكل التنظيمات الضرورية التى تحكم عملية جمع وشحن وإستيراد الأعداء الطبيعية كما سبق ذكره.

٢- عزل أطوار الأعداء الطبيعية وتعبئتها وشحنها.

٣- إستقبال الأعداء الطبيعية وإنهاء الإجراءات من خلال القنوات الرسمية حتى يتم توصيلها إلى أماكن الحجر.

١- تعبئة وشحن الأعداء الطبيعية:

يجب الحصول على الموافقات والتصاريح الضرورية الخاصة بالتصدير من البلد الأجنبي والإستيراد إلى وطن الآفة المستهدفة قبل عمليات الشحن، وإن أمكن قبل عملية الإرتياد. أثناء عملية التعبئة والشحن، لابد أن تتخذ الخطوات اللازمة لضمان إستبعاد أى مواد أخرى غير مرغوب فيها مع الشحن مثل أنواع معروفة من الآفات لكنها لا تدخل مباشرة ضمن الأنواع المقصودة فى رحلة الإرتياد، أو مواد نباتية غير ضرورية (لتقليل مخاطر الشحن غير المقصود للممرضات النباتية)، أو تربة أو روث manure (لتقليل مخاطر الشحن غير المقصود لبذور نباتية أو أمراض). تتباين الأطوار المختلفة من الأعداء الطبيعية المعدة للشحن فى متطلباتها الفسيولوجية والبيولوجية لتهيئة المعيشة المثلى لها أثناء الشحن، وحيثما يكون ممكناً، فإن الأطوار التى تختار للشحن يجب أن تكون غير متغذية أو تلك التى تتطلب أقل ما يمكن من الإحتياجات الغذائية. غالباً ما تتحمل الأطوار الأقل نشاطاً متاعب الشحن أكثر من الأطوار النشطة. تشمل هذه الأطوار، بالنسبة لمفصليات الأرجل، بيض وعذارى الأعداء الطبيعية، والعوائل المتطفل عليها. فى حالة بيض ويرقات وعذارى الطفيليات التى تميت عوائلها idiobionts تشحن العوائل المتطفل عليها. ويمكن فى بعض المجموعات شحن الأطوار الكاملة بنجاح. يمكن أن تشحن

الممرضات الحشرية فى عوائل حية أو ميتة أو على بيئات صناعية، أما الممرضات النباتية فيمكن أن تشحن مع جزء من النبات المصاب أو على بيئة صناعية كما فى حالة بعض الفطريات.

أ- شحن البيض:

عندما يشحن البيض، يجب حفظه بارداً لإبطاء النمو والتقليل من عملية الفقس بالقدر الذى لا يشكل خطورة على حيويته. عندما يكون البيض ملتصقاً بأجزاء نباتية يجب التخلص من الزائد من تلك المواد النباتية ولابد أن يثبت النبات تماماً وبطريقة آمنة فى أوعية صغيرة أو يرص فى طبقات بينها نسيج لين لكى يستبعد أى حركة يترتب عليها سقوط البيض. يفضل أن تعبأ مواد الشحن فى عدة أوعية صغيرة (أنابيب – أطباق بترى) أفضل من تعبئتها فى وعاء واحد كبير للتقليل من الخسائر فيما لو تلفت إحدى هذه العبوات لأى سبب من الأسباب كأن تتهشم أو تزداد نسبة الرطوبة بداخلها مثلاً. كذلك يجب أن تقفل تلك العبوات (الأنابيب أو الزجاجات) جيداً بقطن غير ماص، أو إذا كانت ستشمع تزود ببعض المواد الماصة لكى تمنع تكثيف الرطوبة وما يتبع ذلك من تغيرات فى درجة الحرارة أثناء الشحن.

ب- شحن الأطوار المتغذية:

تجابه الأطوار غير الكاملة للأعداء الطبيعية التى تحتاج إلى التغذية (اليرقات أو الحوريات)، والأطوار المتغذية من العوائل غير الكاملة والحاملة للأعداء الطبيعية، ببعض الصعاب الخاصة بشحنها، ولذا يجب أن تستبعد إن أمكن. إذا كان النوع المراد جمعه فى طور اليرقة، فمن الممكن عمل الترتيبات لإبقائه حيثما يوجد أو العودة فى وقت آخر يكون فيه قد قارب على التعذير أو يمكن جمعه بواسطة المرتاد وتغذيته حتى إتمام النمو. غالباً ما تشحن العذارى والحشرات الكاملة بنجاح أكبر من اليرقات أو الحوريات، حيث لاتتطلب العذارى غذاءً أثناء شحنها كما تكون الحشرات الكاملة غالباً أكثر تحملاً لضغوط الشحن. عند شحن الأطوار غير الكاملة من مفصليات الأرجل، يجب عزلها إنفرادياً فى أوعية لكى نتجنب عملية الإفتراس الذاتى التى يمكن أن تحدث فى عديد من الحشرات، وبصفة خاصة مع ندرة الغذاء.

أما اليرقات أو العذارى المتواجدة داخل عوائلها الحشرية فى سوق النباتات أو جذورها أو أى جزء آخر فى النبات فتترك فى مواقعها وتشحن داخل عوائلها.

يصبح من الضرورة إمداد الأطوار المتغذية النشطة بكمية صغيرة من مادة نباتية تتغذى عليها أثناء النقل وفى مثل هذه الحالات تعزل الأفراد إنفرادياً مزودة بكمية صغيرة من المادة

الغذائية فى أوعية صغيرة منفصلة أو أطباق بترى مع التأكد، أثناء الشحن، من سلامة الأجزاء النباتية. بعد إزالة التربة الزائدة، تعبأ الجذور التى تحمل الأعداء الطبيعية بين طبقات نظيفة من الطحالب الحية التى قد تكون مورداً للرطوبة التى لاينتج عنها نمو للفطريات، ثم تحزم فى كيس من القماش وتوضع فى وعاء من الخشب أو الكرتون. يجب أن لا توضع المادة المشحونة فى أوعية بلاستيكية حتى لا يؤدى ذلك إلى تكثيف الرطوبة. ولابد أن تترك مسافات كافية للتهوية لمنع زيادة درجة الحرارة وتحلل المواد. ومن المفيد تشميع أماكن قطع سوق النباتات بشمع البارافين المنصهر. يمكن أن تشحن بعض حشرات من رتبة نصفية الأجنحة فى طورها الكامل أو غير الكامل، أما الأطوار المفترسة فلابد من تغذيتها، إن أمكن، قبل عملية الشحن.

ج- شحن العذارى:

عند الشحن، يجب أن تقسم العذارى إلى مجموعات صغيرة فى أوعية منفصلة. يمكن أن تعبأ عذارى حرشفية الأجنحة المجموعة من التربة بين طيات من الطحالب، أما عذارى رتبة ذات الجناحين المجموعة من التربة فيمكن أن تعبأ فى تربة رطبة معقمة فى مجموعات من الأوعية الصغيرة. العذارى المتواجدة على الأفرع أو الأجزاء الخضرية أو تلك الموجودة داخل شرانق على أى أسطح أخرى من المفضل تركها ملتصقة بهذه الأسطح وتعبأ بين طبقات من الطحالب لمنع حركتها أثناء الشحن. يمكن شحن الزهور الجافة الحاوية ليرقات أو عذارى ساكنة diapaused فى مجموعات داخل أكياس من القماش تعبأ فى صناديق من الخشب أو الكرتون. أما الأعداء الطبيعية للذباب الأبيض والمن والبق الدقيقى وغيرها من الأنواع القريبة فعادة ما يفضل شحنها كعذارى داخل عوائلها. فى هذه المجاميع، يجب عزل أفراد العوائل لمنع فقد العذارى بسبب التطفل المفرط من الإناث التى تخرج مبكراً إذ أن العديد من أنواع الطفيليات فى هذه المجاميع تنتج ذرية من الذكور تعمل كطفيليات مفرطة على عذارى إناث نفس النوع. توضع قطع صغيرة من الأوراق أو السوق الحاملة لهذه العذارى فى أوعية صغيرة جداً توضع فى مجاميع داخل عبوات كرتونية.

د- شحن الحشرات البالغة:

تكون كوامل بعض الأعداء الطبيعية من القوة بمكان بحيث تتحمل الشحن وخصوصاً إذا كانت مدة السفر قصيرة (٤٨ ساعة أو أقل). يجب أن تزود الحشرات الكاملة بالرطوبة مع مراعاة عدم زيادتها، إذ يمكن إضافة أى مواد ماصة للرطوبة أثناء الشحن. يمكن تزويد العبوة بقطع

صغيرة من الخشب (يستبعد تلك المعاملة كيميائياً أو ذات رائحة كخشب السيدر مثلاً) أو أى مواد أخرى لإستقرار الحشرات الكاملة عليها.

فى بعض المجاميع، قد تكون التغذية ضرورية، وغالباً ما تؤدى قطرات صغيرة من العسل على جدران الأوعية الغرض المطلوب لتغذية معظم طفيليات غشائية الأجنحة. هذا ويمكن تزويد الأنابيب المحتوية على عذارى بالعسل حتى تجد أى كوامل تخرج أثناء رحلة السفر غذاءاً مناسباً. يمكن أن تفى قطعة من الإسفنج مبللة بالمحلول السكرى أو العسل أو قطرات من العسل على جدران الأوعية الزجاجية لتغذية كوامل الحشرات من رتبتى ذات الجناحين وحرشفية الأجنحة. هذا ويمكن أيضاً إستعمال الزبيب المبلل كمصدر غذائى للحشرات الكاملة. كذلك يمكن تزويد كوامل الأكاروسات المفترسة بحبوب اللقاح، ويمكن أن تعيش الحشرات الكاملة من رتبة غمدية الأجنحة عدة أيام دون غذاء، خاصة إذا أطعمت جيداً قبل الشحن.

هـ- شحن الممرضات الحشرية

يتطلب شحن الممرضات عناية خاصة للحد من نمو الكائنات المترممة على الحشرات أو النباتات المصابة. فى بعض الحالات يمكن عزل الممرضات على بيئات صناعية قبل الشحن. وعند شحن ممرضات على عوائل، لابد من توزيعها على عدد من الأوعية الصغيرة للحد من تأثير أى إصابة غير مرغوب فيها نمت فى إحدى العينات.

و- إرشادات إضافية

يمكن تجميع الإجراءات الأخرى التى تساعد فى ضمان سلامة الأعداء الطبيعية المشحونة فى النقاط التالية:-

* تقليل تأثير كل من درجات الحرارة المنخفضة أو المرتفعة، مع تقصير الفترة التى تستغرقها المواد المشحونة داخل العبوات بقدر الإمكان، إذ أن هذه العوامل من الأسباب الرئيسية للفقد أثناء الشحن. تبريد العبوات قبل الشحن وإستخدام صناديق التبريد للحد من درجات الحرارة العالية، وإستخدام صناديق التدفئة heat pack فى الفترات الباردة يمكن أن يقلل من تأثير درجات الحرارة.

* الحد من كميات المواد النباتية الطازجة، إذ أن هذه المواد يسهل كسرها بسرعة إذا عرضت الشحنة للدفء أو ضوء الشمس مما يؤدى إلى فقد مستعمرات الممرضات أو موت غيرها من الأعداء الطبيعية.

- ضبط الرطوبة داخل العبوات، إذ أن الرطوبة العالية قد تتسبب فى إرتفاع درجة حرارة الشحنة أو تكون مناسبة لنمو الفطريات مما يؤدى إلى حدوث نسبة كبيرة من الموت. وعلى العكس من ذلك قد يحدث الموت أثناء النقل من نقص الرطوبة. ولذا وجب إجراء بعض الوسائل لإمداد العينات بالرطوبة المناسبة، وقد يلجأ إلى إستخدام الطبقات النظيفة من الطحالب الحية التى قد تكون مورداً للرطوبة التى لا ينتج عنها نمو للفطريات.
- تعبئة الأعداء الطبيعية إنفرادياً إن أمكن لمنع ظاهرة الإفتراس الذاتى للأعداء الطبيعية من مفصليات الأرجل.
- تجنب إستعمال الكبسولات الجيلاتينية، حيث أنها تمتص الرطوبة من الجو المحيط، وبذا تسهم فى إحداث جفاف للعينات المشحونة.
- الشحن عن طريق أسرع الوسائل المباشرة الآمنة، والتى عادة ما تكون بالطيران أو بغيرها من الخدمات السريعة.
- تأخير عملية تشميع الشحنة قبل الشحن كلما أمكن ذلك.
- الإتصال بوسائل الحجر الأولية بمجرد معرفة تفاصيل الرحلة، وإذا لزم الأمر يمكن تأخير الشحن فى البلد الأجنبي حتى يتم ترتيب ميعاد مناسب للوصول فى ميناء دخول البلد المستورد لكى يسهل عملية التعامل مع الشحنة المستوردة.
- توضع كل مجموعة من الأوعية (تجمع سوياً حسب نوع العدو الحيوى أو الطور أو منطقة الجمع) أو غيرها من العبوات فى أوعية مقفلة من الفوم أو أكياس من القماش، ثم توضع هذه الأوعية الأخيرة فى حاويات منعزلة، ثم فى حاويات قوية معدة للشحن، إما من الكرتون أو الخشب أو أى مادة أخرى قوية. تتحمل مثل هذه الحاويات الأخيرة الشحن وتسمح بتثبيت البطاقات labels، والبيانات الخاصة بالرحلة، والتعليمات الخاصة بكيفية تداولها عند الوصول.

٢- إستقبال الشحنات من الخارج:

سوف لا تواجه عملية إستقبال وتداول الشحنات من الخارج مشاكل خطيرة لو تم عمل الترتيبات المناسبة من قبل. تكون المهمة الأساسية هى سرعة الإفراج عن المادة المشحونة من خلال المكاتب المنوطة بهذا العمل فى ميناء الدخول، إما عن طريق وسيط جمركى أو بمعرفة شخص من إمكانيات الحجر. بعد الإنتهاء من الإجراءات الجمركية، ينقل الطرد الذى يحتوى على الأعداء الطبيعية، تحت أنسب الظروف، إلى أماكن الحجر دون تأخير بقدر الإمكان.

ثالثاً: التعامل مع الشحنة فى الحجر

أ- الإمكانيات والأجهزة

تتطلب إمكانيات الحجر، على الأقل، حجرة آمنة لفتح وإختبار والتعامل مع الشحنة القادمة للكائنات النافعة قبل الدراسات المستقبلية. يمكن أن تكون إمكانيات الحجر مجرد حجرتين فى مبنى أكبر أو قد يكون مبنى مستقل بعدد مناسب من الحجرات للتعامل مع أكثر من شحنة فى وقت واحد.

ب- تصميم إمكانيات الحجر

يتحدد تصميم إمكانيات الحجر وفقاً لكل من الغرض منه وأكواد التصميمات المحلية local construction code. وعملياً يمكن النظر إلى إمكانيات الحجر كسلسلة من الصناديق مثبتة بداخل بعضها. يتطلب التعامل مع الحشرات النافعة حجرات مكيفة (حرارة – رطوبة – ضوء)، ويجب أن يهئ هذا التكييف نظام تجديد الهواء، كما يجب ألايسمح بهروب الكائنات. يُمنع الهروب عادة بتغطية فتحات التهوية بحاجز سلكى دقيق مع عدم وجود النوافذ المفتوحة (يمكن أن تتواجد النوافذ لكن يجب أن تكون محكمة القفل ولايسمح بفتحها)، ووجود الأبواب المحكمة التى تفتح للداخل فقط، وحوائط من مادة عازلة ومحكمة. غالباً ما تكون الحجرات التى تستعمل لفتح العبوات المحتوية على مفصليات الأرجل بنوافذ شمالية الإتجاه لتجذب أى كائنات هاربة وحتى يسهل الإمساك بها. عندما يتواجد عديد من الحجرات، يجب أن تكون كل حجرة مستقلة بذاتها من ناحية التكييف حتى تتوافر حجرات ذات درجات تكييف مختلفة. يجب على القائمين بالعمل إرتداء بلاطى المعامل أثناء تواجدهم فى المعمل مع الإبقاء عليها داخل المعمل عند خروجهم.

تتطلب الحجرات المصممة للممرضات الحشرية أو الحشائش إلى إحتياطات إضافية بسبب حجم الكائنات التى سيتم التعامل معها. يجب أن يكون مبنى الممرضات الحشرية (أو جزء منه) محكماً تماماً وأن يتضمن نظام تجديد الهواء طبقة مزدوجة من المرشحات filters تصمم لمنع الجزئيات الأكبر من نصف ملميكرون (٠,٥ ميللميكرون)، وقادر على منع الهواء المحمل بجراثيم بكتيرية أو فطرية. ويجب أن يمر العادم من الهواء خلال فلتر (مرشح) قبل مروره إلى الخارج، ويجب أن يكون ضغط الهواء داخل إمكانيات الحجر سالباً بالنسبة للجو الخارجى لمنع تغيير الهواء غير المعقم من الداخل إلى الخارج.

ج – الأدوات

تتفاوت الأدوات المطلوبة بإمكانيات الحجر وفقاً لطبيعة الكائنات التى سيتم التعامل معها. غالباً ما يكون مسطح الحجر محدوداً، لذا لزم الإبتعاد عن تكديس الأدوات. عندما تتواجد بعض الأدوات فى الحجر دون إستعمال لفترة طويلة يجب تعقيمها تماماً قبل إزالتها. يمكن أن يتم تعقيم الأدوات التى تستعمل مع الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة بمسحها بالكحول الإيثيلى. وعندما لايكون ذلك ممكناً من الناحية العملية أو فى حالة تداول الأدوات المستعملة فى الممرضات يصبح التبخير هنا ضرورة.

يتطلب تعريف الكائنات المستوردة ميكروسكوباً وبينوكلر للتشريح (قوة تكبيرها ١٠ – ٢٠×)، ويجب أن يتواجد فى الحجر ملف يحتوى على الأدبيات الهامة إذ أن التعريف الصحيح للنوع المستورد يجب أن يكون قاطعاً عند التربية فى الحجر. تتضمن هذه الأدبيات مفاتيح تقسيمية على مستوى عائلات وأجناس الكائنات المستوردة (لكل من الأطوار غير الكاملة والكاملة)، ومراجع عن تاريخ الحياة، والإرتباط العائلى وطرائق التربية.

ومن الأدوات التى نحتاجها أيضاً مايلى:

- أقفاص للتربية وحاويات containers للحفاظ على أنواع الأعداء الحيوية التى يتم فصلها.
- أوعية زجاجية بسدادات زجاجية أومن القطن لعزل الأفراد.
- الإمكانيات اللازمة لتجهيز البيئات لزراعة الكائنات الدقيقة.
- أوتوكلاف لتعقيم الأدوات عند التعامل مع الممرضات أو عندما يراد التخلص من المواد غير المرغوب فيها الواردة مع الشحنه من البلد الأجنبى.
- فرن تجفيف للتعقيم sterilization فى حالة عدم إستعمال الأوتوكلاف.
- لمبات فلورسنت مناسبة للحفاظ على نمو النباتات.
- ثلاجات أو حجرات تبريد للحفاظ على الكائنات التى فى حالة سكون ويمكن إستعمال الثلاجات فى تبريد الشحنات الواردة قبل التعامل الأولى معها.
- مصدر لثانى أكسيد الكربون الذى يستخدم لتخدير مفصليات الأرجل لفترة قصيرة، وفى بعض الحالات لتنبيه عملية التزاوج فى غشائيات الأجنحة.
- أدوات يدوية أخرى (مثل مطرقة، شاكوش، بنسة، منشار) لإصلاح الصناديق الخشبية.

د- إجراءات شخصية وعامة

لابد أن يعين لكل محجر مدير مسئول عن تشغيله، إذ تزيد هذه المسئولية المحددة من عوامل الأمان، وتؤكد أنه سوف يتم التعامل بكل دقة مع أى من الكائنات الموجودة بالحجر وإختبارها إختباراً دقيقاً، وأن يتم حفظ السجلات الكافية لكل الكائنات التى تستقبل أو تشحن. عليه أيضاً أن يراقب ويتابع كل الأعمال التى تجرى بالحجر، ملماً بكل ما يتعلق بالنواحى التقسيمية والبيولوجية للآفات المستهدفة وأعدائها الطبيعية.

يمكن أيضاً أن يعين مساعداً للمدير يحل محله فى حالة غيابه ويتحمل كل مسئولياته. يجب على مدير الحجر أن يكون ملماً إلماماً كاملاً بكل النظم والقوانين التى تتعلق بأعمال الحجر قادراً على حل كل ما يعترض العمل من معوقات. وعلى العاملين بالحجر أيضا أن يكون لديهم من الخبرة والمعلومات لكل ما يدور فى الحجر من أعمال، وبالتعامل مع الأدوات والأجهزة المتواجدة بالحجر وبكل العمليات الفيزيقية وأدواتها وخصوصاً ما يتعلق بالتهوية وعمل الأوتوكلاف وأجهزة التعقيم الأخرى.

هـ- الأمان

يمكن تجميع العناصر الأساسية التى ترتبط بأمان برامج إستيراد الأعداء الطبيعية فى ثلاث مجاميع:

- حماية البيئة من كائنات غير مرغوب فيها بالتعرف على وإتلاف أى كائنات غير مرغوبة فى إمكانيات الحجر والتى يمكن أن تكون قد جمعت عرضياً مع الكائنات النافعة عند الشحن.
- التوطيد المعملى لمزارع cultures الكائنات النافعة وحمايتها من أى تلوث، ومن الطفيليات المفرطة والممرضات.
- تقدير ملائمة وأمان الكائنات النافعة المعدة للإطلاق فى البيئة المستهدفة. فلو أن النتائج الأولية كانت مبشرة فيمكن إجراء دراسات أبعد فى المعمل أو إكثارها وإطلاقها فى الحقل لمجابهة الآفة المستهدفة.

و- برتوكول إمكانيات الحجر والغربلة المبدئية

يجب فتح الشحنات التى تم إستقبالها من الخارج والمحتوية على كائنات حية، داخل قفص ملاحظة observation cagc ذا سطح علوى من الزجاج وجوانب مقفلة تماماً مثبت بها واحد

أو أثنين من الأكمام القماش والتى من خلالها يسهل على الفاحص أن يتعامل مع المادة. يسمح هذا التصميم بالضبط والعزل الأولى لأى كائنات غير مرغوب فيها. تجمع الكائنات الحية فى أوعية زجاجية، أما المواد الداخلة فى تعبئة العينة فتوضع فى أفران مجففة أو أوتوكلاف ويتم التخلص منها. تغربل screened عندئذ، الكائنات الحية تقسيمياً حيث يقتل ويحفظ فى المجموعة المرجعية voucher collection الأنواع غير المرغوب فيها (الطفيليات المفرطة أو الحشرات العاشبة)، أما الأنواع النافعة الفاعلة فيتم تصنيفها وفقاً للأنواع أو أماكن الجمع، وتراقب للتزاوج وتحبس فى أقفاص منعزلة مع عائلها المناسب بغرض إكثارها.

ز- توطيد المزرعة الأولية

يعتبر توطيد مزارع معملية خالية من أى تلوث من الأهداف الأساسية لأعمال الحجر. بعض مزارع الحجر quarantine cultures وخصوصاً تلك التى تقوم maintained على نباتات يمكن أن تكون عرضة للإصابة بكائنات أخرى نباتية التغذية (المن والذباب الأبيض والأكاروسات تكون من ضمن المجموعات التى غالباً ما تتواجد على النباتات المستعملة فى التربية). ولابد أن تؤخذ مكافحة هذه الكائنات بعناية فائقة، ويعتبر الإبتعاد عن إستعمال المبيدات كلما أمكن ذلك من الأهداف الهامة.

يمكن أيضاً أن تتعرض مزارع الحجر للإصابة بالطفيليات (الأعداء الطبيعية للحشرات العاشبة) أو الطفيليات المفرطة، أو العدوى بالممرضات. وهنا تظهر يقظة القائمين بالعمل فى الحجر فى سرعة تعريف هذه الإصابات مبكراً وعزل المزارع المصابة. وربما يكون العزل هو الميكانيكية الوحيدة لإستبعاد الطفيليات المفرطة من مزارع المعمل. هناك وسائل إضافية للحد من الممرضات الحشرية تتضمن إستعمال أوعية معقمة للتربية مع التغيير المتكرر لهذه الأوعية. يمكن أن يكون التعقيم السطحى للبيض بغمره فى محلول ١٠% هيبوكلوريد الصوديوم إجراءاً ناجحاً.

ح- المدى العوائلى وإختبارات الأمان

بالنسبة للحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية المستوردة لمكافحة الحشائش، فإن إختبارات المدى العوائلى لهذه الأعداء من الأهمية بمكان. بالرغم من وجوب إتمام هذه الإختبارات قبل إطلاق العدو الطبيعى من الحجر، ففى بعض الحالات، قد تجرى مثل هذه الإختبارات فى بلد منشأ العدو الحيوى فيما لو كانت النباتات المختبرة نامية فى ذلك البلد. فى الحالات التى سبق وتضمنت هذا العدو الحيوى فى برامج سابقة، فيمكن إعتماد هذه النتائج وبذا يكون المدى

العوائلى له أمر معروف. فى حالة غياب مثل هذه المعلومات يجب أن تجرى هذه الإختبارات فى الحجر. بالنسبة لمفصليات الأرجل العاشبة تجرى الإختبارات إما إجبارياً (إختبار الإختيار الأوحد no-choice) أو إختيارياً (إختبار الإختيار المتعدد choice test). تتم الإختبارات الإجبارية بعزل العنصر الحيوى فى قفص مع نوع النبات غير المستهدف لتحديد إمكانية حدوث أى تغذية أو تكاثر عليه. فى الإختبارات الإختيارية، يعطى للعنصر الحيوى الفرصة، فى قفص واحد، لإثنين أو أكثر من أنواع النباتات عادة ما يتضمنها النبات المستهدف، ويسجل إمكانية التغذية والتكاثر على كل منها. يمكن أن تجرى الإختبارات الإختيارية فى أقفاص فى الحجر، أو فى بلد المنشأ فى الحقول المفتوحة حيثما تزرع أنواع النباتات المختبرة. فى حالة الممرضات النباتية تجرى فقط الإختبارات الإجبارية.

تُنتقى الأنواع النباتية التى تؤخذ للإختبارات من مجموعة نباتات قريبة تقسيمياً للنبات المستهدف على أن تكون النباتات التى تتبع نفس جنس النبات المستهدف هى أول ما تنتقى للإختبارات، ثم تجرى إختبارات إضافية على غيرها من النباتات التى تبتعد عنه تقسيمياً (فى نفس العائلة أو الرتبة). فى بعض الحالات تجرى الإختبارات على بعض المحاصيل الهامة أو النباتات البرية wild حتى بالرغم من كونها بعيدة تقسيمياً عن النبات المستهدف. تخضع فقط الأنواع النافعة التى تظهر إختباراتها المبدئية درجة مقبولة favorable من تخصصها العائلى للإختبارات التالية والإكثار. ليس بالضرورة أن تكون الأنواع الحشرية المقبولة متخصصة كلية، لكن يجب أن تكون محدودة بدرجة كافية فى مداها العوائلى للدرجة التى لاتتغذى فيها على النباتات غير المستهدفة المرغوبة فى المنطقة التى ستطلق فيها أو فى غيرها من المناطق التى يمكن أن يصل إليها العدو الحيوى أثناء تحركه مع الوقت. يتوارد إلى الذهن دائماً تساؤلات عن مدى مطابقة النتائج المتحصل عليها تحت الظروف المعملية أو الإصطناعية لسلوك العدو الحيوى تحت الظروف الحقلية، وعن مدى صلاحية هذه الإجراءات فى تحديد قبول العدو الحيوى بالتغذية على النبات المستهدف. عادة ما تشكل هذه الإختبارات القاعدة العلمية لأخذ القرار الخاص بإمكانية إطلاق العدو الحيوى من عدمه، وربما تكون ذات قيمة أيضاً كإجراء تحفظى لإختيار عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش. تسهم هذه الإختبارات أيضاً فى أمان وغياب التبعات السالبة غير المتوقعة والمميزة لبرامج المكافحة البيولوجية للحشائش. تطبق تجارب تقييم المدى العوائلى للأعداء الطبيعية لآفات مفصليات الأرجل بدرجة أقل تكرارية وتخضع لنفس القواعد كما فى حالة آفات الحشائش، وغالباً لا

تعكس سلوكيات الحشرات فى المعمل الوضع فى الطبيعة، إذ يمكن أن تكون الأنواع أكثر إنتقائية وأكثر محدودية في عوائلها في البيئة الخارجية عن الظروف المعملية.

رابعاً : إجراءات التوطين الحقلى

أ - الإنتقاء المبدئى للعناصر الحيوية

هناك عوامل كثيرة، كما سبق ذكره، يمكن أن تمنع العدو الحيوى من أن يوطد ذاته. من هذه العوامل ضعف العلاقة النامية مع العائل الحشرى أو العائل النباتى، وعدم التشابه فى الظروف الجوية بين المناطق الأصلية ومناطق الآفة المستهدفة، وغياب تلك الإحتياجات الإيكولوجية المتعلقة بالبيات أو العوائل البديلة. عندما تكون كل هذه القيود معروفة تماماً أو متوقع حدوثها بالنسبة لعدو حيوى معين، فإنها تكون مؤشراً على محدودية إكثار وإطلاق هذا النوع، وهنا يجب أن تبذل الجهود فى الحصول على أعداء طبيعية أخرى أكثر مناسبة. قد تكون بعض من هذه القيود غير واضحة حتى بعد حدوث الإطلاق. فى بعض الحالات قد تساعد الدراسات داخل المعمل أو فى الصوب توقع حدوث مثل هذه المشاكل، لكن نتائج المعمل يجب النظر إليها بعناية لأنها نادراً ما تتوافق مع الأداء الحقلى المباشر.

ب- إنتقاء وحماية أماكن الإطلاق

يجب أن تكون مناطق الإطلاق واسعة بما فيه الكفاية لتدعيم تعدادات الآفة المستهدفة وأعدائها الطبيعية دون قيود وحتى لايكون هناك تأثير كبير بحركة الآفة وأعدائها الطبيعة إلى داخل المنطقة أو خارجها. ويجب أن تحتوى مناطق الإطلاق عوائل كافية تسمح بتكاثر العدو الحيوى. وإذا كان هناك حاجة لزيادة تعداد أفراد العائل فيمكن إتمام ذلك من مزارع التربية المعملية. بالنسبة لعناصر المكافحة البيولوجية للحشائش فيتم ذلك عن طريق تسميد النباتات المستهدفة أو الإكثار من زراعة بذورها. يجب أن تحمى مناطق الإطلاق من أى إضطرابات فسيولوجية أو كيميائية، وهذا يعنى أن النبات لا يجب رشه بالمبيدات ويجب أن يترك دون حصاد. فى حالة آفات الحشائش، يجب أن نترك الحشائش دون إجراء أى عمليات زراعية عادية وتزداد درجة الأمان إذا كان مكان الإطلاق من ممتلكات الجهة التى تقوم بالبحث. فى المواقع الأخرى ينصح بإبرام إتفاق كتابى مع صاحب أو مدير المكان عن كيفية إدارته تحت ظروف التجربة. يكون لبعض المواطن كمناطق الغابات وأشجار الفاكهة دورة محصولية أطول من تلك التى يتبع فيها نظام الزراعة الموسمية. يمكن تعظيم هذه الدورات القصيرة فى

الزراعات الموسمية بزراعات متعددة تتداخل فى مواعيدها، أو بتأخير الحصاد أو عن طريق الحش المتتابع وتجديد النمو.

ج- نوعية العناصر الحيوية الواجب إطلاقها

١- عدد الأفراد الواجب إطلاقها

فى عديد من البرامج، يمكن أن يكون عدد الأفراد المتاحة للإطلاق محدوداً ويمكن أن يواجه الباحثون بالإختيار ما بين مواقع عديدة يطلق فى كل منها أعداد قليلة، أو مواقع أقل مع إطلاق أعداد أكبر فى كل موقع. وعادة ما يتبع الإختيار الأخير بالرغم من أن التمييز discrimination بين أفراد قليلة "few" وأفراد كثيرة "many" يتفاوت من نوع إلى آخر. يظهر أن بعض الأنواع تتوطد بسهولة أكثر من غيرها، فقد أستعمل مثلاً ١٠٠٠ فرد بالإضافة إلى عدد من الذكور، وفق النسبة الجنسية، كوحدة توطينية colony أطلقت فى الحقل من بين طفيليات دودة الذرة الأوربية. وعلى العكس فقد تأقلم الطفيل التاكينى *Archytas cirphis* فى هاواى بإطلاق مستعمرة تتكون من تسعة أفراد فقط، أحسن مرشد لذلك هو الخبرة السابقة بالأنواع التى تُتداول.

٢- نوعية العنصر الحيوى

هناك عوامل كثيرة يمكن أن تسهم فى نوعية الأعداء الطبيعية عند إطلاقها. تتضمن هذه العوامل جوانب وراثية، وصحية، وسلوكية. وبصفة عامة، يبحث دائماً عن تعظيم هذه العوامل للعناصر المطلوب إطلاقها.

عادة، هناك معلومات قليلة عن وراثيات genetics عشائر معينة من الأعداء الطبيعية المحجوزة بمعمل الحجر. توضح معظم الأساسيات الوراثية أن الإطلاق المبكر من الحجر إلى مزارع الإكثار ثم فى الحقل سوف لا تؤثر سلباً وراثيات العشيرة، بينما إطالة الحجز فى حالة حجم تعداد محدود من العشيرة أو تحت ظروف صناعية فى الحجر من المحتمل أن يؤدى إلى حدوث إنحراف أو إنعزال في الصفات الوراثية، لذلك فمن الأفضل إخراج عشائر الأعداء الطبيعية من قيود الحجر وإطلاقها بسرعة فى الحقول.

يجب أن تكون الأفراد التى ستطلق فى حالة صحية جيدة بقدر الإمكان، لذا يجب أن تربى الأعداء الطبيعية مع أعداد مثلى من عوائلها، وعلى أفضل أطوار تلك العوائل. كما يجب الإهتمام بتلك الأفراد بالوسائل التى تضمن إطالة حياتها وزيادة خصوبتها وتفضيلها للعائل

الطبيعى فى الحقل. يجب تغذية الكوامل من الحشرات والسماح لها بالتزاوج قبل الإطلاق، إذ يكون لبعض الطفيليات، خاصة الطفيليات ذات الجناحين، فترة ما قبل تزاوج طويلة وقد تنتشر بعيداً جداً فى الحقل قبل أن تستعد للتزاوج. وقد تنتشر إناث مثل هذه الطفيليات إنتشاراً كبيراً قبل وضعها للبيض إلا أن لذلك الإنتشار فائدة أكثر مما لو حدث العكس. كما يجب أن يقدم للأفراد ماءً ومصدراً كربوهيدراتياً مثل العسل. فى حالة بعض الأعداء الطبيعية، قد يكون من الضرورى توفير أقفاصاً كبيرة وإضاءة طبيعية كى يحدث التلقيح كما أن البعض الأخر قد يستفيد من تعريضه للآفة المستهدفة قبل الإطلاق، وفى عديد من الكائنات قد يحدث هذا طبيعياً فى المزرعة. فى حالة الأنواع التى تربى على عوائل بديلة، فإن التعريض للعائل المستهدف يمكن أن يجرى فى المعمل قبل الإطلاق. بالنسبة للممرضات التى تربى على بيئات صناعية والتى فقدت قدرتها المرضية بعيداً عن العائل المستهدف، يجب أن تزرع cultured لمدة جيل على الأقل فى العائل المستهدف مباشرة قبل الإطلاق.

يجب أن تحمى الأعداء الطبيعية فى كل أطوارها من الظروف المعاكسة أثناء النقل إلى منطقة الإطلاق، كما أن إستخدام عبوات (حاويات) containers عازلة من الأمور الضرورية لمنع تأثير درجات الحرارة المتطرفة، كما يجب أن تزود الأفراد بالغذاء والرطوبة لو تطلب النقل أو الشحن أكثر من ساعات قليلة. يفضل أن يتم الإطلاق، إن أمكن، فى الصباح الباكر أو المساء. ويجب أن تطلق الأعداء الطبيعية أو تُسكّن placed فوق النباتات فى مواقع positions مظللّة. كما يجب ألا يتم الإطلاق بعد أو أثناء سقوط الأمطار مباشرة (حيث يكون النبات مبللاً).

٣- أطوار الحياة الواجب إطلاقها

يمكن أن يتم إطلاق الأعداء الطبيعية من مفصليات الأرجل بعديد من أطوار الحياة المختلفة. يفضل دائماً كوامل الحشرات للإطلاق، حيث تتطلب حماية فى البيئة أقل من بقية الأطوار الأخرى، فهى متحركة وتستطيع أن تبدأ التكاثر مباشرة بعد الإطلاق. فى بعض الحالات تكون العذارى أسهل فى النقل، ويمكن أن ينقل البيض والأطوار الأخرى مباشرة على النباتات إذا أقتضى الأمر. تفضل الأطوار غير الكاملة للأعداء الطبيعية فى توطيد المستعمرة حقلياً فيما لو أن كوامل الحشرات تميل إلى الهجرة بعد إطلاقها من الحبس.

يمكن إستخدام العوائل المتطفل عليها لإطلاق الطفيليات. فى كثير من الحالات، تستحضر هذه العوائل من برامج التربية فى المعهد المسئول عن البرنامج. وبالرغم من أن عديد من أنواع

الطفيليات يمكن إطلاقها كأطوار غير كاملة فى عوائلها، فإن هذا الإجراء يكون ذا قيمة بصفة خاصة بالنسبة لتلك المجاميع التى تكون كواملها حشرات رهيفه delicate مثل طفيليات البيض. فى حالات أخرى، قد يمكن جمع العوائل المتطفل عليها بأعداد تكفى لإعادة إطلاقها فى مواقع جديدة كما هو الحال فى يرقات خنفساء أوراق الحبوب *Oulema melanopus* المتطفل عليها بالطفيل *Tetrastichus julis*.

يمكن أيضاً إستعمال النباتات الحاملة للعوائل المتطفل عليها فى توطين الأعداء الطبيعية. ولهذا الإتجاه ميزته إذ أن الأعداء الطبيعية سوف تخرج خلال فترة من الوقت فى موجات متتابعة مزودة البيئة بمدد مستمر من كوامل الطفيل.

يجب أن تطلق الممرضات فى أطوار الحياة المناسبة لإصابة العائل. بالنسبة للممرضات النباتية، فإن هذا يوجب الجمع والتوزيع المباشر للأطوار المعدية نفسها. بالنسبة للممرضات الحشرية، يمكن أن توزع الأطوار المعدية بنفس الطريقة، أو تطلق العوائل المصابة فى البيئة كما هو الحال فى حالة خنفساء جوز الهند. فى الحالات التى لا يظهر فيها بوضوح أى من الأطوار سيؤدى إلى إستقرار وتوطيد أفضل، يمكن إطلاق عديد من الأطوار مما يعطى فرصة أكبر لإستقرار النوع.

د- تعظيم طرائق الإطلاق

يمكن أن تطلق العناصر الحيوية إما فى أقفاص أو تطلق بحرية فى البيئة. يجب أن تكون الأقفاص كبيرة بما فيه الكفاية لتسع عدد مناسب من العوائل، كما يجب أن تكون قوية لتقاوم الأمطار والرياح أو أى ظروف أخرى يحتمل وجودها فى منطقة الإطلاق. تزال الأقفاص عادة بعد أيام قليلة من إنطلاق الأفراد. يجب أن يتم إطلاق العناصر الحيوية بحيث تظهر الأطوار النشطة (حشرات كاملة أو يرقات)، أو الأطوار الممرضة infective فى البيئة متزامنة مع الأطوار الحساسة من العائل الحشرى أو النباتى. فى بعض الأعداء الطبيعية، كما فى حالة المفترسات، قد لا يكون الإطلاق داخل عشائر الفريسة التى تحتوى على عديد من الأطوار الحساسة، أو أن يكون توقيت الإطلاق متزامن مع الفريسة المفضلة ذات أهمية كبيرة. بالنسبة للأنواع التى تهاجم فقط أطوار قصيرة العمر من عوائلها كما فى حالة الطفيليات المتخصصة فى عمر معين، يكون توقيت الإطلاق أكثر إحراجاً وخطورة. وبصفة عامة يمكن التحقق من تزامن الإطلاق عن طريق أخذ عينات مباشرة من عشيرة الآفة للوقوف على أنسب الأطوار.

يمكن أن يتم الإطلاق لتوطيد المستعمرة المبدئية initial colony بوضع الأعداء الحيوية باليد فردياً أو فى مجاميع فى أكثر المواقع مناسبةً فى البيئة. تستعمل أيضاً نظم الإطلاق الميكانيكية للتوطيد الواسع للمستعمرات المبدئية، وبصفة خاصة فى المواقع التى يصعب الوصول إليها بوسائل النقل. على سبيل المثال تم إطلاق الطفيل *Epidinocarsis lopezi* بنجاح ضد بق الكاسافا الدقيقى فى إفريقيا الاستوائية من الطائرات بإسقاط أوعية vials محتوية على الحشرات الكاملة لها القدرة على الهروب بمجرد تلامس تلك الأوعية للأرض.

هـ- تأكيد التوطيد

يعتبر الكشف عن توطيد establishment الأعداء الطبيعية التى تم إطلاقها الخطوة النهائية فى إستقرار المستعمرة الأولية. قد يكون من الضرورى تكرار التقدير assessment فى العشائر فى المنطقة التى تم فيها الإطلاق لتحديد ما إذا كان النوع النافع قد أمكنه التكاثر فى البيئة الجديدة. قد يأخذ الكشف أو التتبع monitoring صور عديدة. فى حالة عدم وجود عدو حيوى مشابه فى البيئة، فإن الفحص بالعين المجردة فى الحقل (أو فحص عينات ربيت فى المعمل من عينات جمعت من منطقة الإطلاق) قد يكون مناسباً لتحديد فيما لو أن العدو الجديد قد توطد وأقلم نفسه، هذا ويجب أخذ عينات مرجعية من كوامل الطفيل لتأكيد تعريفها.

فى حالة النظم التى يتواجد فيها أعداء حيوية مشابهة ومستقرة فى البيئة، فقد يكون من الضرورى أخذ عينات أكبر تسمح بتربية أعداد كبيرة من الأعداء الطبيعية التى يجب تعريفها للتأكد من وجود النوع الجديد المستورد. وحيثما يتواجد عشائر مختلفة لنفس النوع للأعداء الطبيعية تتعايش معاً، فقد يتطلب التعريف التحليل بالأليلات الإنزيمية allozymes أو الدلالات الوراثية genetic markers. يجب أخذ العينات خلال فترة لا تقل عن عام لكى نجزم أن العدو الحيوى قد إستقر وتوطد وتأقلم establish فى البيئة الجديدة. فى بعض الحالات قد يحدث توطيداً للنوع النافع لكن قد يصعب إكتشافه لسنين عديدة.

بالنسبة للممرضات الحشرية، يمكن جمع العوائل وترتيبها لتتبع نمو المرض. قد تتطلب بعض الكائنات المرضية تربية على بيئات مميزة للحصول على تعريف دقيق، بينما البعض الأخر يمكن تعريفه بالتحميل المباشر للممرض. فى بعض الحالات قد يستخدم تكنيكات أخرى لتتبع عدوى ممرض معين فى عوائله فى مراحل مبكرة من المرض. تتضمن هذه التكنيكات الفصل الكهربائى electrophoresis، وطرق الـ Antigen-Antibody (مثل إختبارات Elisa وغيرها من التحليلات المشابهة)، وطرق تتبع الـ DNA. تهئ هذه التكنيكات ميزة السرعة والقياس المباشر لمعدلات الإصابة بالممرضات.

قد يتطلب توطين عنصر حيوى جديد تكرار المجهودات قبل التأكد من إستقراره، وفى حالة فشل كل هذه المجهودات المتفق عليها للإستقرار فى كل البيئات المتاحة، يكون الجزم بأن هذا النوع ليس لديه القدرة على أقلمة نفسه فى البيئة الجديدة.

ز- تقويم كفاءة العنصر الحيوى وبرنامج النجاح

من المهم أن يُتبع توطيد وإستقرار الأعداء الطبيعية، بتقويم كمى quantitative لتقدير كفاءتها ضد الآفة المستهدفة فى البيئة الجديدة. فلو أن الأعداء الحيوية التى تم إستيرادها لم تكن واعدة ومؤثرة وجب البحث عن إستيراد أنواع إضافية. يمكن أن يتم التقويم الكمى لأداء العدو الطبيعى فى الحقل بوسائل عدة وفقاً لنوع العدو الحيوى تحت الدراسة. فبالنسبة لطفيليات مفصليات الأرجل، فإن أكثر الطرق إستعمالاً هو جمع الأطوار المختلفة للآفة المستهدفة ليتم تربيتها فى المعمل لحين خروج الحشرات الكاملة للطفيليات التى يتم تعريفها إلى مستوى النوع. فى بعض الحالات، يمكن أن يرتبط هذا الإجراء بأخذ عينات أخرى فى نفس التواريخ ومن نفس الموقع لتشريحها بغرض الحصول على معلومات أكثر عن مستويات مهاجمة الطفيل للعائل، ويعتبر هذا إجراء قيم عندما تكون صعوبات التربية مانعاً لتحديد نسبة العوائل المتطفل عليها. يمكن إستخدام المصائد بأنواعها المختلفة، فقد أستخدمت المصائد اللاصقة sticky لتتبع توزيع ووفرة الطفيليات المستوردة *Amitus hesperidum* و *Encarsia opulenta* التى تتطفل على ذبابة الموالح السوداء *Aleurocanthus woglumi*. كذلك أستخدمت مصائد الرائحة المطعومة بفيرومون العائل، أو مصائد الرؤية (ذات اللون الأصفر) فى تتبع طفيليات *Aphytis* spp. التى تتطفل على الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii*. كذلك فإن الطفيل *Pholetesor ornigis* وهو طفيل على ناخرة الأوراق *Phyllonorycter blancardella* يمكن تتبعه فى بساتين التفاح بإستخدام مصائد لاصقة ذات لون أصفر. وبصفة عامة، تستخدم كثير من كيمائيات الإتصال semiochemicals كجاذبات لصيد الأعداء الطبيعية، وكذلك يمكن إستخدام الفيرومونات الجنسية وفيرومونات التجمع للأعداء الطبيعية ذاتها مثل إستعمال فيرومون التجمع لطفيليات المن *Lysiphlebus* والفيرمون الجنسى للبقة *Podisus maculiventris*.

بالنسبة لمفترسات مفصليات الأرجل، تعتبر الملاحظات المباشرة direct observations فى الحقل من أهم الطرق لإكتشاف أى من المفترسات يهاجم الآفة المستهدفة أو عن طريق الجمع بالشبكة أو المصائد. بالإضافة إلى هذا، يمكن أن توضع المفترسات الحية، التى تجمع من الحقل من على النباتات العائلة للآفة المستهدفة فى أقفاص التربية بالمعمل ويمكن أن تعتبر

المفترسات التى تتغذى على الآفة المستهدفة تحت هذه الظروف أنواعاً فاعلة ضد الآفة، مع تأكيدها بمعلومات لاحقة عن طريق الملاحظات المباشرة التى تتم بالحقل. على سبيل المثال، فقد أستعمل هذا التكنيك فى حصر الأكاروسات المفترسة من عائلة Phytoseiidae المرتبطة بالعنكبوت الأخضر *Mononychellus tanajoa* على نبات الكاسافا. يمكن أيضاً إستعمال طرق Antigen- antibody لتعريف أي من المفترسات تلتهم نوع الفريسة المستهدف.

تتشابه طرق حصر العناصر الحيوية من مفصليات الأرجل لمكافحة الحشائش مع تلك الخاصة بالمفترسات، إذ تعتمد بدرجة كبيرة على الملاحظة المباشرة فى البحث عن النبات المستهدف فى مواقع مختلفة من الحقل. يمكن إجراء تجارب التغذية فى المعمل (أو يمكن إجرائها أثناء رحلة الإرتياد) للتأكد من أن النوع المختار يعمل كحشرة عاشبة قادرة على التغذية على النبات المستهدف.

أما بالنسبة للعناصر الميكروبية (ممرضات الحشرات، والنبات) فيمكن عزلها إما بزراعة العوائل المصابة أو نسيج النبات المصاب، أو بجمع عينات من التربة وتحضينها على بيئة مناسبة. أما بالنسبة للنيماتودا، فيمكن إستكشافها إما من أجسام العوائل المصابة التى تجمع من الحقل، أو بجمع عينات من التربة وتحضينها مع عائل مناسب مثل يرقات دودة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella*.

سوف توضح مثل تلك العينات فيما لو أن العدو الحيوى الجديد متواجد فى البيئة الجديدة، وما معدل تواجده، نادراً كان أو عادياً، إما على عائله أو بالنسبة لغيره من الأنواع الحيوية التى تهاجم نفس الآفة. وتوضح النتائج الإيجابية حدوث أقلمة وتوطيد لهذا العدو الحيوى، أما النتائج السالبة فهى لا تعنى أن التوطين قد فشل بالنسبة لهذا النوع، فربما يكون التعداد المبدئى له منخفضاً لدرجة يصعب تتبعه ويتطلب الأمر سنين عديدة قبل الحكم على قدرته فى التوطن فى البيئة الجديدة.

وطبيعياً، فهناك حاجة لأخذ العينات فى السنة الأولى للمشروع من مناطق الإطلاق لتحديد قدرة معيشة وتناسل النوع الجديد فى نفس الموسم. فى السنوات التالية، يتطلب الأمر التوسع فى أخذ العينات لتحديد فيما لو أن العنصر الحيوى قد عاش لمدة عام أو أثنين أو أكثر. فى الأجواء ذات المواسم القاسية (مثل الشتاء أو فترة جفاف طويلة فى المناطق الاستوائية) يمكن إعتبار أن العدو الحيوى قد نجح فى توطيد نفسه إذا إستمر حياً لمدة عامين.

وبعد التوطيد، يلزم تقدير درجة إنتشار العناصر الجديدة. يتم هذا التقدير بأخذ عينات من العائل أو بأى تكنيك أخر يمكن به تتبع العنصر الحيوى مباشرة فى الموقع. فى حالة الأعداء الطبيعية لآفات المحاصيل الحقلية، فمن أوضح الطرق أخذ عينات من بؤر المحصول على مسافات بعيدة من نقطة الإطلاق. بالإضافة إلى هذا، فمن المهم لعديد من الأعداء الطبيعية تحديد فيما لو أن الآفة المستهدفة تهاجم أيضاً بالعنصر الجديد على النباتات البرية خارج حقول المحصول. فعلى سبيل المثال، يتواجد طفيل أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* خارج حقول المحصول مهاجماً يرقات العائل على الأنواع البرية من الصليبيات فى المروج meadows. ومن المهم أن نتذكر، كما هو الحال فى الآفة المستهدفة، أن مستويات المهاجمة بالعنصر الحيوى على الأنواع غير المستهدفة فى عمليات الحصر لا يعتبر تقديراً كمياً عن تأثير هذا العنصر على تلك الأنواع.

يكتنف دراسة تقدم الأنواع النافعة كثير من الصعاب منها :-

* يحدث أحياناً خلال السنوات القليلة الأولى التى تعقب إستيراد نوع نافع، أن يكون من المستحيل العثور عليه، خصوصاً عند إستيراده بأعداد محدودة. وتحتاج المحاولات التى بها توضح تواجده إلى عمل مضنى.

* تتزايد الحشرة النافعة فى وسط الإنتشار المحبب لها وقد يظل هذا الوسط مناسباً لمدة فصل واحد أو بضعة فصول أو سنوات ثم قد يختفى الأمل فى نجاح النوع النافع عندما ينقلب الوضع فى هذا الوسط إلى تجاه الحد العكسى الذى لا يكون ملائما لحياة النوع. وقد يتأقلم طفيل مستورد فى منطقة ما ويفشل فى منطقة أخرى من الموطن الجديد، وربما يرجع ذلك إلى غياب العوائل المتعاقبة المناسبة. كذلك قد يعوق وسط غير مناسب بصفة مؤقتة تأقلم نوع نافع لفترة من الوقت لكنه قد يتمكن من مكافحة الآفة فيما لو تأقلم مرة واحدة.

* تستطيع بعض الحشرات النافعة فى قمع عائل وافر العدد، ولكنها فى نفس الوقت قد لا تكون فاعلة ضد جماهير العائل المتناثرة، فعلى سبيل المثال كان الطفيل *Pteromalus puparium* ناجحاً فى نيوزيلندا إلى درجة كبيرة أثناء الموسم الأول ثم تناقص فى كفاءته بوضوح فى الموسمين التاليين.

ثانياً: إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة النافعة

Augmentation of Parasitoids, Predators and Beneficial Herbivores

عندما تكون الأعداء الطبيعية، والتى تستخدم لمكافحة آفة معينة، غير موجودة، أو تظهر متأخرة جداً، أو تكون أعدادها قليلة بالدرجة التى لا يحدث معها مكافحة فاعلة للآفة المستهدفة، فان الأمر يتطلب إجراء إطلاقات للأعداء الطبيعية بعد إكثارها. يطلق على هذه العملية الإكثار الكمى augmentation والتى تجرى إما عن طريق عمل تجارى خاص أو خدمة من الخدمات الحكومية. تعتبر عملية الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية عملية أساسية ودائمة لحماية المستعمرة المناسبة من الأعداء الطبيعية الموجودة فعلاً، أو فى الظروف التى يصعب فيها التوطين الدائم للأعداء الطبيعية المتأقلمة المناسبة كما هو الحال فى الزراعات المحمية، أو عندما تكون الأعداء الطبيعية المتواجدة غير فاعلة بدرجة كافية. وفى الحالة الأخيرة ، قد يكون من المناسب الحصول على نوع جديد أو سلالة جديدة من الأعداء الطبيعية من مواطنها الأصلية ومحاولة توطينها فى البيئة الجديدة بشكل دائم. على أية حال، فحينما تكون مثل هذه المجهودات غير مجدية فى حل مشكلة الآفة، فإن الإكثار الكمى والإطلاقات للأعداء الطبيعية يمكن أن يؤخذ فى الإعتبار لتدعيم فعل الأعداء الطبيعية. قد يكون الإكثار إكثاراً طعمياً inoculative augmentation أو إكثاراً فيضياً (غزيراً) inundative augmentation. فى الحالة الأولى يتم إطلاق عدد من مستعمرات العدو الطبيعى على أن يقع عبء المكافحة على الذرية الناتجة من مثل تلك الإطلاقات الطعمية. أما فى الحالة الثانية فيتم إطلاق العدو الحيوى بأعداد كبيرة، مماثلة فى ذلك فعل المبيدات الحيوية biopesticides ، ويكون الإعتماد فيها قليلاً أو قد لا يكون على الذرية الناتجة. تستخدم مثل هذه الطريقة فى حالة الآفات ذات عدد الأجيال المحدودة أو التى يكون لها جيل واحد شديد الخطورة. يمكن إكثار الكائنات الكبيرة من طفيليات غشائية الأجنحة وذات الجناحين، والمفترسات من مفصليات الأرجل، والحشرات العاشبة من مفصليات الأرجل، وكذا الكائنات الصغيرة (مسببات الأمراض لمفصليات الأرجل التى لا تسبب ضرراً للنبات) مثل النيماتودا التى تهاجم مفصليات الأرجل والتى يمكن إدماجها فى إكثار الأعداء الطبيعية. هناك العديد من العناصر الهامة التى تؤثر فى عملية إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة بهدف مكافحة الآفة. تتضمن هذه العناصر إنتقاء العنصر الحيوى، والنوعية، والعائل المناسب، والتكاليف، والشحن والتخزين، وطرق التطبيق، وتقييم المنتج، وتنمية التسويق وإستمراريته، والأمان.

(١) إنتقاء العنصر الحيوى: Agent selection

يعتبر الحصول على نوع من الأعداء الطبيعية قادر على قمع الآفة المستهدفة هو المطلب الأول فى مجال المكافحة البيولوجية من خلال عملية الإكثار. يجب أن تكون الأعداء الطبيعية قادرة على التعرف على الآفة المستهدفة والوصول إليها ومهاجمتها بنجاح. يمكن إزادة فعالية عناصر المكافحة البيولوجية ذات التأثير المتوسط بوسائل عدة منها زيادة أعداد الأفراد التى يتم إطلاقها، أو بواسطة إنتقاء الأصناف النباتية المقاومة للآفة، أو إختيار النباتات التى يحسن معها الكفاءة البحثية للعدو الطبيعى. وحيثما تكون هذه السبل غير كافية، فإنه يتم إيجاد عنصر حيوى أفضل أو إستخدام خليط من العوامل البيولوجية المكملة لبعضها مثل إطلاق المفترسات والطفيليات معاً. يوجد عديد من مئات الأنواع من الآفات التى تهاجم المحاصيل المختلفة على مستوى العالم، ونظراً لمحدودية المعرفة بالأعداء الطبيعية ذات التأثير الفاعل فى مكافحة تلك الآفات، فإن الأمر يتطلب المزيد من المعلومات عن الأعداء الطبيعية لتلك الآفات حتى يتسع إستعمال وسيلة الإكثار فى مجال المكافحة البيولوجية.

تتفاوت الأعداء الطبيعية فيما بينها فى العديد من الخصائص الهامة التى تؤثر بقوة على إستخدامها بنجاح كعناصر للمكافحة البيولوجية. فقد يكون لبعض الأنواع تأثير فاعل وقوى فى قمع آفة معينة، بينما يكون للبعض الآخر القريب لها تقسيمياً غير فاعل بالمرة أو ذا تأثير جزئى. ربما يرجع هذا التفاوت إلى الإختلافات فى تفضيلات العائل، أو إلى معدل التزايد، أو إلى تحمل الظروف البيئية غير المناسبة، أو إلى أى أسباب أخرى. قد تظهر السلالات أو العشائر داخل النوع الواحد إختلافات مهمة فى الخصائص مثل الفترة الضوئية الحرجة للسكون، ومستوى التطفل، ودرجة مقاومتها لمبيدات معينة. وللمساعدة فى إنتقاء العناصر الحيوية النافعة يمكن إجراء إختبارات معملية لقياس معدل الهجوم على العائل المستهدف أو القدرة على الإرتباط بالعائل النباتى مصدر غذاء العائل المستهدف.

تكون عناصر المكافحة البيولوجية عالية التخصص specialists أفضل أداء من العناصر العامة generalists. إذ تكون مفضلة لكل من منتج العدو الطبيعى والمستخدم له حتى لو وجب إنتاج أو إستعمال أنواع عديدة من الأعداء الطبيعية لآفات عدة على المحصول. فعلى سبيل المثال، فإن المكافحة الفاعلة لعديد من آفات رتبة حرشفية الأجنحة يمكن أن تتم بصورة أفضل عندما يتم إنتاج وتسويق أنواع معينة (أو ربما سلالات معينة) من جنس طفيليات ترايكوجراما *Trichogramma* لمكافحة آفة معينة. فالطفيل *T. nubilale* نوع مناسب جداً لمكافحة دودة الذرة

الأوربية *Ostrinia nubilalis*، بينما بعض الأنواع الأخرى من جنس الترايكوجراما *Trichogramma* يكون غير فاعل ضد هذه الآفة رغم فعاليته ضد آفات أخرى. كما أنه فى بعض الحالات قد يفضل عدو حيوى معين لمكافحة آفة معينة على محصول معين ولا يستخدم ذلك العدو الحيوى لمكافحة نفس الآفة على محصول أخر.

هناك الكثير من الجهود التى بذلت لتعريف الخصائص التى يجب قياسها فى المعمل والتى تنبىء بأى مجموعة من الأعداء الطبيعية تكون أكثر مناسبة لإستخدامها فى الإكثار ضد آفة معينة. تم وضع خطة scheme لغربلة الأعداء الطبيعية فى برامج الإكثار الطعمى inoculative augmentation الموسمية (والتى يطلق فيها أعداد قليلة من العنصر الحيوى مع توقع أن النسل الناتج لهذا العدو الحيوى سيجابه الآفة المستهدفة على طول الموسم). تتكون هذه الخطة من مجموعة من الخطوات، ويؤدى الفشل فى أى منها إلى إستبعاد النوع النافع من أى إعتبارات مستقبلية. الخطوة الأولى تقييم فيما لو أن النوع النافع له أى من الجوانب السلبية التى سوف تقلل من فاعليته. أما الخطوة الثانية فتوضح فيما لو أن النوع النافع له القدرة على النمو إلى طوره الكامل على الآفة المستهدفة. توضح الخطوة الثالثة أن العنصر الحيوى قادر على مهاجمة الآفة على المحصول المستهدف والنمو الناجح تحت الظروف المناخية للموقع. وتفترض الخطوة الرابعة أن معدلات تزايد العدو الحيوى المختار تكون أعلى من معدلات نمو الآفة المستهدفة عندما تتكاثر فى وجود العدو الحيوى. هذا ويفترض أيضاً أن العدو الحيوى المختار لا يهاجم كائنات أخرى مفيدة موجودة بنفس البيئة (مثل ما يحدث من بعض المفترسات)، كما يجب أن يمتلك العدو الطبيعى قدرة عالية على تحديد موقع الآفة المستهدفة، مع ملاحظة أنه من الصعب قياس قدرة العدو الحيوى على تحديد موقع العائل تحت الظروف المعملية. عندما تستخدم الأعداء الطبيعية فى إكثار فيضى inundative (مثل استخدام النيماتودا فى مكافحة أطوار الآفة اليرقية فى التربة) وحيث لا يعتمد أو يعتمد بصورة طفيفة على النسل الناتج لتحقيق الإنخفاض فى تعداد الآفة، يصبح بعض من هذه المعايير أقل ارتباطاً. لا يتطلب الإكثار الفيضى تزامناً جيداً مع عوائلها حيث يتم إختيار وقت الإطلاق من خلال إكتشاف العائل، وبنفس الشيء يتم ضبط أعداد عناصر المكافحة وفقاً لكثافة العائل المستهدف. وعلى النقيض من ذلك، فإنه تحت ظروف الإكثار الطعمى (إستخدام التلقيح الموسمى للعدو الحيوى كما فى حالة الطفيل *Encarsia formosa* لمكافحة ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* على محاصيل الخضر فى البيوت الزجاجية خاصة تحت الكثافات المنخفضة من العائل) تصبح قدرة العدو الحيوى فى الوصول بكفاءة للعائل والتكاثر عليه من الأهمية بمكان. أخيراً فإن كفاءة أى عنصر حيوى تتفاوت

بإختلاف المواسم والمحاصيل، ونظم الزراعة، وجغرافية المناطق، ولذا يجب أن يختبر العدو الطبيعى محلياً على المحصول المستهدف.

(٢) النوعية Quality

يجب أن تكون الأعداء الطبيعية المزمع إكثارها كمياً ذات نوعية وكفاءة مقبولة لكى تعمل بكفاءة فى قمع أعداد الآفة المستهدفة على المحصول المستهدف. هناك من العوامل الكثيرة التى يمكن أن تؤثر على هذه النوعية يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجاميع، أولها إختيار عناصر ذات نوعية مقبولة لبدء تربيتها على نطاق تجارى، وثانيها إستخدام طرق الإنتقاء الوراثى genetic selection لتحسين نوعية الأعداء الطبيعية، وثالثها طرق التربية التى تبقى على نوعية وجودة العنصر الحيوى تحت ظروف الإنتاج الكمى.

أ- ضبط نوعية العنصر الحيوى لبدء التربية:

يجب أن تكون الأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج الإكثار الكمى فاعلة أى ذات نوعية وكفاءة مقبولة للدرجة التى تجابه جيداً الآفة المستهدفة على المحصول المستهدف تحت الظروف المناخية والزراعية المثلى. تختلف فاعلية بعض أنواع الأعداء الطبيعية فى التجارب ذات النطاق الضيق عن تلك فى الحقول الواسعة أو البيوت الزجاجية، ولذلك يجب أن يكون الإستعمال المزمع معلوماً عند تحديد نوعية العنصر الحيوى لإعطاء فرصة مناسبة للعدو الحيوى المختار لتحقيق الغرض من إستخدامه. هذا ويجب البدء بتعداد كبير وصحى منه، خال من الأمراض، ولا يهاجم بطفيليات مفرطة، وذا خصوبة عالية.

ب- الاحتفاظ بالنوعية تحت شروط الإنتاج:

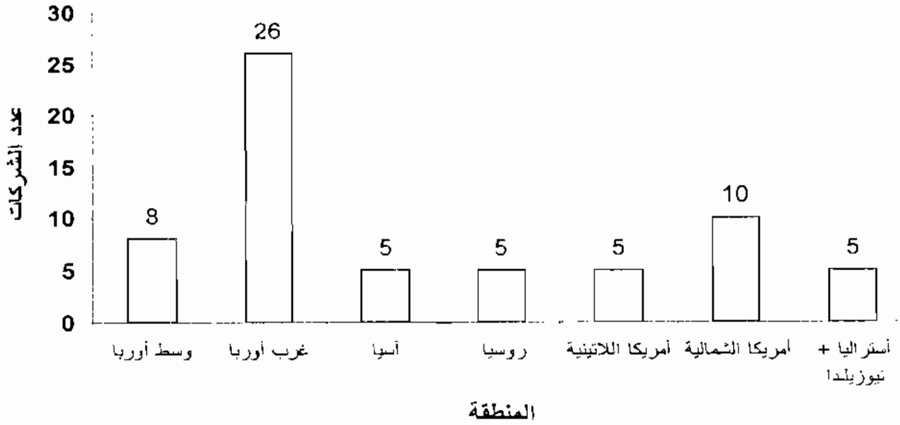
من أهم شروط الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية هى إحتفاظها بدرجة كبيرة بصفات سلوكياتها الطبيعية عند التربية المعملية. ويرجع ذلك إلى أنه بمرور الوقت وبتربية العدو الطبيعى فى المعمل يمكن أن يصبح مختلفاً عن السلالة الأصلية. ولضمان إنتاج تلك الكائنات بالنوعية المقبولة للأفراد المنتجة تجارياً لابد أن يؤخذ فى الإعتبار عدة عوامل منها الحالة الوراثية، التغذية، ومنع التلوث، وفرص التعرض للكيماويات الوسيطة semiochemicals المناسبة للعائل أو الفريسة. ولذا فقد نشأ فى السنوات الأخيرة ما يعرف بمراقبة الجودة quality control للأعداء الطبيعية التى يتم تناولها تجارياً.

مراقبة الجودة Quality control

١ – لماذا مراقبة الجودة ؟

تميزت الثلاث عقود السابقة من الإنتاج الكمى التجارى للأعداء الطبيعية، خاصة تلك المستخدمة فى داخل الصوب، بظهور وإختفاء كثير من المنتجيين للأعداء الطبيعية، وما زال هناك القليل من المنتجيين فى السوق منذ فترة السبعينات. ويوضح شكل (١:٦) عدد الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج المكافحة البيولوجية فى العالم. فى أوربا، على سبيل المثال، يوجد ثلاث شركات كبرى لإنتاج الأعداء الطبيعية (يتراوح متوسط العاملين فى كل منها أكثر من ٥٠ فرداً)، بالإضافة إلى أكثر من عشرين شركة صغيرة أخرى. يتراوح متوسط إنتاج هذه الشركات الكبرى من ٥–١٠ مليون فرد من العدو الحيوى كل أسبوع. تمد هذه الشركات الكبرى المزارعيين بالأعداء الطبيعية اللازمة لأى برنامج للمكافحة المتكاملة فى أوربا وأماكن أخرى كثيرة من العالم. وفى مصر أخذ الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية طريقة وهناك من المعامل والشركات ما إنخرطت فى هذا الإتجاه مثل إنتاج طفيل الترايكوجراما *Trichogramma evanescens*، وأسد المن *Chrysoperla carnea*، وأبو العيد ١١ نقطة *Coccinella undecimpunctata*، وبقة الأزهار *Orius albidepennis*.

ونظراً لسرعة نمو سوق المكافحة البيولوجية عالمياً، وزيادة المنافسة بين الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية، فإن زيادة جودة المنتج product quality وكذلك الأسعار prices تكون دائماً تحت الضغط. وهذا بدوره يكون بلا شك فى المدى القريب فى صالح المزارعين، ولكن على المدى البعيد ربما يؤدى ذلك إلى فشل المكافحة البيولوجية للآفات. خلال العشرون سنة الأخيرة، كان يتم تقييم الأعداء الطبيعية بطريقة جيدة قبل طرحها فى السوق، أما الآن فهناك بعض الأنواع من الأعداء الطبيعية يتم بيعها دون الإختبار تحت الظروف الطبيعية والحقلية لملاحظة ما إذا كانت هذه الأعداء الطبيعية ذات كفاءة ضد الآفة المستهدفه أم لا. وعلى ذلك يمكن القول أن زيادة أو نقصان العديد من المنتجيين قد أثر بالسلب على مفهوم المكافحة البيولوجية التطبيقية بسبب فشل المكافحة البيولوجية للآفة والذى يرجع أساساً إلى إنخفاض جودة الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً وعدم وجود إرشادات جيدة لكيفية إستخدامها.



شكل (١:٦) يوضح عدد الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج المكافحة البيولوجية فى العالم. (عن فان لينترن Van Lenteren وأخرون، ١٩٩٥)

فى السنوات الأخيرة، زادت أنواع الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً، وكذا الكمية المنتجة من كل منها بدرجة مذهلة، فهناك الآن ما يقرب من ٩٠ نوع من الأعداء الطبيعية فى السوق لمكافحة الآفات الزراعية فى الصوب والحقول المفتوحة، منها ما يقرب من ٣٠ نوع يتم إنتاجها على نطاق تجارى موسع جداً وبكميات كبيرة جداً (جدول ٢:٦). وعلى ذلك فإن الشركات الكبيرة وبعض الشركات الصغيرة أصبحت الآن أكثر حرفية من حيث توفر إمكانات إجراء البحوث وتطبيق مراقبة الجودة، وشبكة الإتصالات العالمية، علاوة على الخدمات الإرشادية، كما أنهم أصبحوا أكثر حباً للعمل وبالتالى أصبح السوق أكثر إتساعاً نظراً لتزايد الطلب على المنتجات الزراعية الخالية من المبيدات وغير المعاملة بالكيميائيات والإهتمام بالبيئة النظيفة ومشاكل مقاومة الآفات لفعل المبيدات.

لابد من توفر مراقبة الجودة على الأعداء الطبيعية المنتجة تجارياً لتؤكد أن الأعداء الطبيعية المراد إطلاقها فى الصوب أو الحقول المفتوحة ذات أداء جيد. وببساطة شديدة، فإن توفر برامج جيدة لمراقبة الجودة تمثل ثمرة ونتاج التعاون الجيد بين الباحثين وممارسى المكافحة البيولوجية مما يؤدى إلى التحسن السريع فى صناعة المكافحة البيولوجية فى العالم. تشمل حالياً التوجهات والإرشادات الخاصة بمراقبة الجودة بعض الصفات والخصائص التى يمكن من السهل متابعتها معملياً (مثل النسبة الجنسية، وطول فترة الحياة، والقدرة التناسلية، ومعدل التطفل، والإفتراس، وحجم الحشرة). وفى المستقبل القريب، سيكون كل الجهد موجهاً لوضع أسس علمية لإختبار قدرة الطيران وعلاقة الإختبارات المعملية وشبه الحقلية بكفاءة الأعداء الطبيعية تحت الظروف الحقلية.

٢- ما هى مراقبة الجودة؟

يتم تطبيق مراقبة الجودة على الأعداء الطبيعية التى يتم إكثارها معملياً وذلك من أجل الحفاظ على أدائها العالى بعد إطلاقها تحت الظروف الحقلية والصوب، وعندئذ تهدف مراقبة الجودة إلى إختبار الجودة الكلية أو الشاملة overall quality وهى مسألة صعبة، ولذلك يعتمد على بعض الصفات الكمية التى يمكن قياسها وتقديرها وهى متعلقة بأداء الأعداء الطبيعية فى الحقل. ولما كان الهدف من إطلاق الأعداء الطبيعية التى يتم إكثارها هو مكافحة آفة معينة، فإن دور مراقبة الجودة هو التأكد من أن تلك الأعداء الطبيعية لا تزال فى حالة جيدة لمكافحة تلك الآفة ولذلك فإنه يتم التعامل مع ما يعرف بالجودة المقبولة acceptable quality وليست بالضرورة الجودة المطلقة أو المثالية optimal quality. لذا فمن الإعتبارات الهامة أن نعى أن مراقبة الجودة لا تطبق من أجل خاطر العلماء ولكن كضرورة وأن نفرق بين الحاجة إلى المعرفة الكاملة والحاجة إلى معرفة الأنسب، ولذا فإن الصفات التى يجب قياسها لابد أن تكون ذات عدد محدود، ومباشرة، وسهلة، ومرتبطة بشدة بالأداء داخل المواقع المراد مكافحة الآفات فيها كالصوب والحقول المفتوحة.

٣- إعتبارات أساسية لمراقبة الجودة

يمكن تناول موضوع مراقبة جودة الأعداء الطبيعية من عدة إتجاهات. من الناحية النظرية، فإن أفضل تناول لمراقبة الجودة هو تدوين ما هو متوقع من التغيرات عند بداية الإكثار الكمى، وبقياس ذلك، يمكن تحسين ظروف التربية إذا كانت هذه التغيرات غير مرغوبة. يعاب على هذا الأسلوب من الناحية العملية أنه لابد من عمل الكثير من القياسات التى تحتاج إلى الوقت والمجهود والخبرة، كما أنه يفترض أن تلك المشاكل المحتملة يمكن التنبؤ بها وأن تصحيح سلبياتها يمكن أن يتم فى حينه. لكن الأمر يختلف، فعلى سبيل المثال فقد أقترحت مقاييس علاجية للتدهور الوراثى المحتمل حدوثه، لكن وجد أنه ليس من السهل تحديد العامل المسئول عن هذا التدهور إذ يتطلب الأمر دراسات تفصيلية. وقد رأى كثير من الباحثين أن مثل هذه المشكلات الوراثية تبدأ عندما يتم تربية الأعداء الطبيعية فى بيئات ليست ببيئاتها الأصلية (كالمحشر)، حيث أن الحشرات المرباة فى المحشر تنتخب فيما بينها لتواكب، بطرز مناسبة، البقاء تحت الظروف الجديدة وهو ما يسمى بالغربلة winnowing. وفى الجدول التالى (جدول ٣:٦) يتضح التغيرات التى يمكن أن تحدث للعشائر الحقلية عند إكثارها معملياً.

جدول (٢:٦) بيان بأنواع الأعداء الطبيعية المتاحة حالياً فى الأسواق العالمية.

النوع	الحالة	الطور الذى يشحن عليه
Amblyseius californicus	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Amblyseius cucumeris	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Amblyseius degenerans	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Aphelinus abdominalis	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Aphidius colemani	طفيل على حشرات المن	مومياء
Aphidius ervi	طفيل على حشرات المن	مومياء
Aphidioletes aphidiomyza	مفترس حشرى	عذراء
Chrysoperla carnea	مفترس حشرى	بيض
Cryptoleamus montrouzieri	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Delphastus pusillus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Diglyphus isaea	طفيل على نافقات الأوراق	حشرة كاملة
Encarsia formosa	طفيل على الذباب الأبيض	عذراء
Eretmocerus californicus	طفيل على الذباب الأبيض	عذراء
Harmonia axyridis	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Hippodamia convergens	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Heterorhabditus megidis	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Orius insidiotus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Orius laevigatus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Orius majusculus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Phytoseiulus persimilis	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة
Trichogramma brassicae	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma evanescens	طفيل بيضة	عذراء
Trichogrammatoidea bactrae	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma pretiosum	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma. minutum	طفيل بيضة	عذراء
Macrolophus calliginosus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Leptomastix epona	طفيل على حشرات البق الدقيقى	حشرة كاملة
Leptomastix dactylopii	طفيل على حشرات البق الدقيقى	حشرة كاملة
Hypoaspis aculeifer	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة
Hypoaspis miles	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة

النوع	الحالة	الطور الذى يشحن عليه
Tenodera aridifolia sinensis	مفترس حشرى	أكياس بيض
Steinernema carpocapse	نيماتودا متطفله على الحشرات	يرقة Juvenile
Steinernema feltiae	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Heterohabditis bacteriophora	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Nasonia vitripennes.	طفيل عذارى	عذراء
Muscidifurax zaraptor	طفيل عذارى	عذراء
Spalangia nigroaenea	طفيل عذارى	عذراء
Nosema locustae	بروتوزوا ممرضة	عبوة
Bacillus thuringiensis israelensis	بكتريا ممرضه للحشرات	عبوات
Hippodamia convergens	مفترس حشرى	الحشرة الكاملة
Aphytis melinus	طفيل على الحشرات القشرية	عذراء
Tyhlodromus occidentalis	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Neoseiulus cucumeris	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه

(فان لينترن Van Lantern وآخرون، ١٩٩٧، فان لينترن Van Lantern، ١٩٩٩)

جدول (٦:٣) العوامل المؤثرة على التغيرات التى تحدث فى عشائر الأعداء الطبيعية عند إكثارها معملياً

١- العشائر المعملية يتم حفظها فى بيئات ثابتة constant environment، مع ظروف غير حيوية ثابتة (مثل درجات الحرارة، والرطوبة، والضوء)، وكذلك ظروف حيوية ثابتة (مثل عدم وجود الإفتراس، أو التطفل، وتوفر الغذاء) وبالتالى لا يكون هناك إنتخاب للتغلب على الضغوطات غير المتوقعة unexpected stresses. على ذلك تكون النتيجة تغير فى المعايير التى تحدد اللياقة fitness. وتغير فى النظام الوراثى ككل whole genetic system.

٢- لا يوجد فى المعمل منافسة مع عشائر من أنواع أخرى interspecific competition وتكون النتيجة إحتمال حدوث تغير فى الصفات الوراثية.

٣- يتم حبس كل الأفراد فى بيئة معملية واحدة وليس هناك أى إختيار للأفراد، والنتيجة هو إحتمال تدهور فى الصفات الوراثية.

٤- ربما يحدث تغير فى الكفاءة البحثية searching efficiency، اذ تعتمد هذه السلوكيات على الكثافة density-dependent.

٥- ربما يحدث تغير فى كفاءة المنافسة للتزاوج mate competition تحت ظروف الأسر (المعمل).

٦- ربما يحدث ضرر لصفات الإنتشار dispersal characteristics خاصة سلوك الطيران والإنتشار اليرقى نتيجة التربية المعملية.

ويبقى السؤال الرئيسى فى مشكلة التربية الداخلية وهو ما هو حجم التعداد المؤثر الذى يحفظ التفاوت الجينى كبيراً بما فيه الكفاية؟. هناك معلومات قليلة عن حجم التعداد المؤثروالذى يحفظ التنوع الجينى فى مزرعة العدو الحيوى. ذُكر أن الحد الأدنى لهذا العدد هو ٥٠٠ فرد، لكن غالبية منتجى الأعداء الطبيعية يحتفظ بمستعمرات أكبر عدداً من ذلك طوال العام. من الطبيعى أن تظهر نتائج الإنتقاء بمعدل أسرع فى الأعداء الطبيعية التى لها أجيال عديدة فى السنة عن تلك التى لها أجيال قليلة فقط.

عادة ما يتواجد تفاوت فى خصائص الأداء بين أفراد العشائر الطبيعية، وقد يبقى هذا التفاوت كبير جداً حتى بين أفراد عشائر التربية الداخلية inbred populations. لكن الاختلافات بين ظروف الحقل والمعمل سوف تؤدى إلى إختلافات فى هذا الأداء. عندما يتم إحضار جزء من أفراد العشيرة الحقلية open population إلى المعمل فإنها تصبح عشيرة مقفلة closed population وسوف يحدث كل التغيرات الوراثية من التفاوت الجينى المحدود فى العشيرة الأصلية المؤسسة. يؤثر حجم العشيرة المؤسسة تأثيراً مباشراً على مدى التفاوت الذى يمكن أن يحدث وبالرغم من أنه ليس هناك إتفاق على حجم العشيرة المؤسسة اللازمة لبداية الإنتاج الكمى، إلا أنه قد ذكر أن أقل تعداد هو ٥٠٠ فرد، وقد يقل هذا العدد كثيراً فى بعض أنواع الأعداء الطبيعية إذ قد يصل فى بعض الأحيان إلى ٢٠ فرداً. تختلف خصائص اللياقة بين العشائر الطبيعية أو عشائر الصوب عن تلك الخاصة بعشائر المعمل (على سبيل المثال إختلاف فى القدرة على السكون، أو القدرة على ملاقاة العائل أو الفريسة أو التزاوج)، ولذا فإن قوى الإنتقاء المعملى يمكن أن تؤدى إلى تغير وثورة وراثية مؤدية إلى إنتقاء نظام جينى متوازن جديد.

يعتبر الإدخال المنتظم لأفراد برية wild من الحقل أو الصوب الزجاجية من أحد الحلول المقترحة غالباً للتغلب على أو تصحيح هذه التغيرات الوراثية، والتى يلجأ إليها العديد من المنتجيين كمياً للأعداء الطبيعية. لكن لو بقيت ظروف التربية كما هى فى المعمل، فسوف تتعرض تلك الأفراد أيضاً لنفس عملية التغيير، أو الثورة الوراثية. لو أراد المنتج أن يدخل جينات برية، فإنه يلزم أن تتم هذه العملية بإنتظام، وعلى أسس تكنيكية جيدة، ومع بداية التربية المعملية. غير أن إدخال هذه الحشرات المتوطنة إلى المستعمرة المعملية قد يكتنفها كثير من المخاطر من إحتمال إدخال الطفيليات والمفترسات أو الممرضات إلى التربية الكمية المعملية.

هناك مشكلة أخرى وهى مشكلة التربية الداخلية inbreeding، وهى تزاوج الأقارب وإنتاج نسل أكثر تجانساً homozygous عن ذلك الذى ينتج من تزاوج عشوائى فى تعدادات كبيرة من

الأفراد. وغالباً ما تمتلك أفراد النسل المتجانس صفات ضارة غير مرغوب فيها. يرتبط معامل التربية الداخلية inbreedung coeffecient إرتباطاً مباشراً بحجم العشيرة المؤسسة وبسبب أن الإنتقاء الصناعى فى المعمل الذى يقلل من حجم العشيرة، فإن معدل تأثير التربية الداخلية سوف يزداد وتكون النتيجة غالباً تأثيراً سريعاً ومحَدداً على التكوين الوراثى للعشيرة المعملية. يمكن منع تاثير التربية الداخلية بوسائل عدة للإبقاء على التفاوت الجينى. تشمل هذه الوسائل طريقتين هما: ١- وسائل قبل البدء فى إنشاء المستعمرة precolonization methods، و٢- وسائل بعد إنشائها post colonization methods. تتضمن وسائل المرحلة الأولى إنتقاء وتجميع أكبر عدد ممكن من أفراد حشرات النوع المؤسسة founder insects من مختلف مناطق إنتشار النوع لضمان تمثيل أشمل للأليلات الجينية فى مختلف عشائر النوع، والذى يؤدى بدوره إلى رفع لياقة أفراد المستعمرة التى سيتم البدء بتربيتها فى المعمل. أما وسائل المرحلة الثانية فتشمل تغيير الظروف المحيطة بالتربية المعملية. وبالرغم من أن هذا التصور يبدو بسيطاً لكنه صعب من الناحية العملية إذا ما أخذنا فى الإعتبار مثلاً العمل تحت ظروف حرارية مختلفة ورطوبات مختلفة وكثافات ضوئية مختلفة وإحتمال إختيار عوائل وتغيير فى إتساع المكان وغيره من العوامل.

٤- كيف يمكن تطبيق مراقبة الجودة؟

يمكن تتبع عناصر إختبارات مراقبة الجودة فى جدول (٤:٦).

جدول (٤:٦) المعايير العامة لمراقبة الجودة.

المعايير Criteria	الشرح
الكمية Quantity	**المفترسات:** عدد الأفراد الحية من المفترس فى العبوة. **الطفيليات:** فى حالة الشحن على هيئة حشرات كاملة، يلزم معرفة عدد الأفراد الحية، أما إذا تم الشحن فى الأطوار غيرالكاملة، فيلزم تحديد نسبة خروج الحشرات الكاملة خلال فترة محددة.
النسبة الجنسية Sex ratio	قلة عدد الإناث (نسبة جنسية فى صالح للذكور) تدلل على إنخفاض ورداءة ظروف التربية بالمحشر والعكس صحيح.
القدرة التناسلية Fecundity	عدد النسل الناتج خلال فترة محددة. تعتبر القدرة التناسلية fecundity أيضاً مؤشراً على معدل قتل العائل host killing أو التغذية عليه host feeding بالنسبة للطفيليات.
طول فترة الحياة Longevity	الحد الأدنى لطول الحياة باليوم.

المعايير Criteria	الشرح
الإفتراس Predation	عدد الأفراد المفترسة خلال فترة محددة.
التطفل Parasitoidism	عدد الأفراد المتطفل عليها خلال فترة محددة.
حجم الأنثى Female size	قياس طول الساق الخلفيه hind tibia، وحجم العذراء كمدلول على حجم الأنثى المتوقع.
القدرة على الطيران Flightability	ويمكن تقسيمه إلى: ١- **الطيران لفترة قصيرة:** وتدلل على أن الحشرة لا زالت لها القدرة على الطيران. ٢- **الطيران لمسافة طويلة مع حدوث تطفل أو إفتراس:** يدلل ذلك على أن الحشرة لها القدرة على الأداء الجيد تحت ظروف الحقل.
الأداء الحقلى Field performance	القدرة على ملاقاة العائل أو الفريسة وكذلك التطفل والإفتراس تحت الظروف الحقلية.
يجب أن يكتب على العبوة من الخارج بشكل واضح نوع العدو الحيوى، وعدد الأفراد، ونسبة الخروج المتوقعة، وحجم العينة.	

هذا وقد أمكن تقدير معايير الجودة لبعض الأعداء الطبيعية التى يتم إنتاجها تجارياً، ويوضح جدول (٦:٥) تلك المعايير.

جدول (٦:٥) معاييرمراقبة الجودة التى تم وضعها لبعض الأعداء الطبيعية التى يتم إنتاجها تجارياً.

النوع	درجة الحرارة	النسبة الجنسية للاناث	القدرة التناسلية (عدد البيض/الأنثى)	نسبة الموت	نسبة الخروج من العذراء
Neoceiulus cucumeris	٢٢±٢°م	≤ ٥٠%	≤ ٧ بيضات فى ٧ أيام	–	-
Aphelinus abdominalis	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة فى ٨ أيام	≥ ١٠%	٨٠% في ١٥ يوم
Aphidius spp.	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة	–	≤ ٤٥%
Aphidoletes aphidimyza	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٤٠ بيضة فى ٤ أيام	–	≤٧٠ % في ٧ أيام
Chrysoperla carnea	٢٥±٢°م	–	–	–	–
Dacnusa sibirica	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة فى ٣ أيام	≥٥%	–

النوع	درجة الحرارة	النسبة الجنسية للاناث	القدرة التناسلية (عدد البيض/الأنثى)	نسبة الموت	نسبة الخروج من العذراء
Diglyphus isaea	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٧٠ بيضة	≥ ٨%	
Encarsia formosa	٢٢±٢°م	≤ ٩٨%	≤ ٧ بيضات/ اليوم	–	–
Eretmocerus mundus	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ١٠ بيضات/اليوم	–	–
Orius spp.	٢٥±٢°م	≤ ٤٥ %	≤ ٧ فى ٣ أيام	–	–
Phytoseiulus persimilis	٢٢–٢٥°م	≤ ٧٠%	≤ ١٠ بيضات ٥٠ أيام	–	–
Trichogramma brassicae	٢٣±٢°م	≤ ٥٠ %	≤ ٤٠ بيضة فى سبعة أيام	≥٢٠% بعد ٧ أيام	< ٨٠%
Macrolophus caliginosus	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٧ فى ٣ يوم	≤ ٥%	–
Leptomastix dactylopii	٢٢±٢°م	≤ ٤٥ %	≤ ٤٠ فى ١٤ يوم	≥ ١٠%	–

(فان لينترن Van Lenteren وآخرون ، ١٩٩٩).

يجب أن تتم مثل هذه الإختبارات بواسطة المنتج لتلك الأعداء الطبيعية قبل الشحن مباشرة. وهناك بعض الإختبارات الأخرى التى يجب أن تجرى بعد الشحن من قبل المزارع مثل نسبة الخروج أو عدد الأفراد الحية من الحشرات الكاملة فى العبوة. وهناك بعض من هذه الإختبارات التى يجب إجرائها بصفه دورية بواسطة المنتجين للأعداء الطبيعية، ومنها ما يكون يومى، أو أسبوعى، أو مع كل دورة إنتاج والبعض الأخر من الإختبارات يمكن تنفيذه من وقت لأخر مثلاً كل عام، أو موسمياً، أو عند تغيير وتطوير ظروف الإنتاج والتربية. وفى المستقبل القريب سوف يتم إضافة إختبار قدرة الطيران لمجموعة الإختبارات الحالية.

ج– الوراثة Genetics

لاحظ كثير من الباحثين أن التغيرات الوراثية التى تنتج من التربية المعملية طويلة الأمد للأعداء الطبيعية يمكن أن تؤثر بالسلب على لياقتها وصفاتها السلوكية مثل الوصول إلى العائل، وقبول العائل، والتفضيل العوائلى. من المعروف أن المكون الوراثى genetic constitution لأى عدو حيوى يستخدم فى المكافحة البيولوجية، وبالتالى التغيرات الوراثية التى يمكن أن تطرأ عليه، هي غاية فى الأهمية، خاصة عند إطلاق تلك الطفيليات أو المفترسات فى أماكن جديدة.

يمكن أن يحدث ثلاث عمليات وراثية فى عشائر الأعداء الطبيعية والتى يمكن أن تقلل من نوعيتها وهى إنحدار التربية الداخلية inbreeding depression، والإنحراف الجينى genetic drift، والإنتخاب selection. تحدث الظاهرتين الأوليتين فقط فى التعدادات القليلة جداً، أما الظاهرة الثالثة فيمكن أن تحدث فى كل من التعدادات الصغيرة والكبيرة وتعتبر العامل الأكثر أهمية فى الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية.

يحدث إنحدار التربية الداخلية عند تزاوج الأقارب، مما يؤدى إلى زيادة تماثل الأليلات المتنحية homozygosity فى النسل الناتج، وتكون النتيجة ظهور صفات متنحية ضارة. عادة ما تحدث فقط مثل هذه الظاهرة، تحت ظروف التزاوج العشوائى فى التعدادات القليلة (أقل من ١٠٠ فرد).

يحدث الإنحراف الجينى أيضاً فى التعدادات القليلة، ويتضمن تغيير فى تكرار الأليل allele frequency بين الأجيال من خلال فقد بعض الأليلات والتى، بالصدفة، لا تنتقل إلى الجيل التالى بسبب أن الأفراد القليلة التى تحمل تلك الأليلات تفشل فى أن تتربى بدرجة تكفى لتمريرها إلى هذا الجيل. وبسبب كبر معظم المستعمرات التجارية commercial colonies للأعداء الطبيعية وإزديادها بسرعة من أى عدد صغير من الأفراد المؤسسة founder individuals، فإن ظاهرتى الإنحدار أو الإنحراف ليسا من العوامل العظمى المؤثرة فى التربية الكمية للأعداء الطبيعية. على عكس ظاهرتى الإنحدار والإنحراف، فإن الإنتخاب selection، للتوافق مع الظروف المعملية والمتزامن مع إنخفاض اللياقة للعشيرة البرية (الحقلية)، من الممكن حدوثه أثناء تربية الأعداء الطبيعية. تتفاوت أنماط التكيفات adaptations التى يمكن أن تحدث فى المستعمرات التجارية، إذ تعتمد على كل من بيولوجية الكائن الذى يتم تربيته وعلى الظروف الطبيعية والكيميائية المستخدمة. تشمل عمليات التربية الكمية التجارية الموسعة زيادة مستمرة فى كثافات العدو الطبيعى المراد إكثاره، وإستعمال أغذية غير طبيعية، وفرائس أو عوائل غالباً ما تتواجد بكثافات عالية، وظروف غير طبيعية من الإضاءة، مع غياب مدى واسع من المشعرات cues الطبيعية والكيميائية التى عادة ما تشكل جزءاً من بيئة الكائن الحى. فعلى سبيل المثال، بسبب السهولة الفائقة فى الحصول على عوائل للتربية الكمية، فإن الطفيليات غالباً ما تنتخب للطيران الأقل، وسرعة المشى الأقل، وقبول عوائل تفتقر إلى وسائل الإتصال الوسيطة semiochemicals والتى عادة ما تكون ضرورية لتحقيق وضع البيض. وبنفس الشئ، تنتخب المسببات المرضية المرباه على بيئات متخمرة لصفات تؤدى إلى إنخفاض القدرة على مهاجمة العوائل الحية.

ليس كل تدهور فى النوعية مرجعه التغيرات الوراثية، إذ أن هناك عوامل يمكن أن تسهم فى هذا التدهور مثل الممرضات أو الغذاء غير الكافى. ولكى يمكن تحديد فيما لو أن الإنتخاب الوراثى مسئول عن أى تدهور ملحوظ فى النوعية، يتم إجراء تهجين outcrossing مع أفراد برية (من الحقل)، فلو كانت المشكلة وراثية فى الأصل، فإن النسل الناتج يجب أن يظهر تحسناً فى صفاته.

لإصلاح تأثيرات الإنتخاب، يمكن اللجوء إلى الإحلال الدورى للمستعمرات بأفراد برية، أو إدخال تعداد كبير نسبياً من تلك الأفراد فى مستعمرات التربية الكمية. يمكن أن تجمع هذه الأفراد البرية من الطبيعية أو تؤخذ من أفراد تم تخزينها على إفتراض أن بعض أطوارها مثل البيض أو العذارى يمكن أن تخزن بنجاح. غالباً ما يصلح مثل هذا الإجراء الإصلاحى، من الناحية العملية، مع المستعمرات التى تربى بهدف البحوث، لكن يصعب إتباعه عملياً مع زيادة حجم مستعمرات التربية بسبب القلة النسبية للأفراد البرية المتاحة التى يمكن جمعها. وبالتالى يتطلب الأمر وقتاً معقولاً لزيادة مستعمرات جديدة إلى المستويات المطلوبة للإنتاج التجارى مما يتسبب عنه وجود فترات طويلة دون إنتاج. بالإضافة إلى هذا، تواجه الأفراد البرية بمخاطر إحتمال دخول أفراد من أنواع أخرى بطريق الخطأ إليها (كما حدث فى تربية طفيليات البيض من جنس *Trichogramma*)، أو إدخال مرض ما إلى المستعمرة، ولو أنه من المتوقع أن يكون تأثيرها طفيفاً تحت الظروف المعملية بسبب عدم قدرتها على التكيف. ولو كان الأمر كذلك، فإن المستعمرة التجارية يمكن تجديدها دورياً بصورة أو بأخرى. يمكن أن تتناقص مع الوقت حيوية الأفراد التى تخزن ولذا لابد من معرفة طول الفترة المناسبة للتخزين لكل نوع من الأعداء الطبيعية كل على حده.

د- التغذية Nutrition

تستخدم الأغذية أوالفرائس أوالعوائل فى تربية عناصر المكافحة البيولوجية فى المزارع التجارية والتى يمكن أن تؤثر على قوة العنصرالحيوى المنتج وخصوبته وقدرته على التعرف على العائل، وبالتالى على كفاءته فى تحقيق الغرض المرجو منه. يفترض، بصفة عامة، أن الغذاء الطبيعى لعنصر حيوى ما هو أفضل غذاء لإنتاج عنصر حيوى قوى ذو سلوكيات طبيعية. وعلى كل، فقد لا تكون الحشرة المستهدفة أفضل أو أكمل غذاء لبعض المفترسات مثل المفترسات الأكاروسية من عائلة Phytoseiidae التى يمكن أن تستفيد من الأغذية الإضافية مثل حبوب اللقاح والفطريات، أوفرائس بديلة من أنواع من العناكب. إضافة إلى ذلك، فقد يكون إستخدام الغذاء الطبيعى أو الفريسة أو العائل مرتفع التكاليف بدرجة لا يمكن إستعمالها أو قد

يصعب إستعمالها تحت الظروف التجارية. لحل هذه المشكلة يمكن أن يربى العدو الطبيعى على أكثر أنواع العوائل البديلة سهولة فى التربية أو على البيئات الصناعية. يجب مقارنة عناصر المكافحة البيولوجية الناتجة بإستخدام الأغذية أو العوائل البديلة بالأفراد المرباه على الغذاء الطبيعى لمراقبة حدوث أى تغيرات ملحوظة. قد تتطلب مثل هذه التغيرات عدداً من دورات التربية لتصبح واضحة، لذا يجب أن تتم المقارنة بشكل دورى بين خطوط التربية على الغذاء البديل، والغذاء الطبيعى أو العوائل. على سبيل المثال فى حالة تربية الطفيل *Lixophaga diatraeae* بطريقة مستمرة على العائل البديل دودة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella* حدث إنخفاض فى خصوبة الإناث، وكفاءة التزاوج فى الذكور وفشلت التربية بعد الجيل السادس. أيضاً عند تربية المفترس الأكاروسى *Amblyseius potentillae* على غذاء من بيئة الخضروات (حبوب لقاح الفول *Vicia faba*) إنخفضت كفاءته الإفتراسية بشكل واضح على فريسته من عنكبوت التفاح الصدئى *Aculus schlechtendali* بالمقارنة عند تربية نفس المفترس على العنكبوت الأحمر ذوالبقعتين *Tetranychus urticae*. وعلى العكس من ذلك، فلم يظهر المفترس *Geocoris punctipes* المربى لمدة ستة أعوام على غذاء صناعى أى تغير فى تفضيل فرائسه، مقارنة بالأفراد البرية. كذلك لم تظهر أنواع المفترس *Podisus* sp. المرباه لمدة ١٥ جيل على غذاء صناعى قوامه اللحم أى إختلافات عن تلك الأنواع المرباه على فرائس حية. أيضاً فى حالة الطفيل *Trichogamma brassicae* عندما ربى على عائلين بديلين مختلفين هما فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* ودودة الدقيق*Anagasta kuehniella* تساوى كلا العائلين فى مناسبتهما للطفيل. عموماً، فإنه من المتوقع أن الأغذية قد تؤثر تدريجياً فى عدد من الخصائص الهامة للأعداء الطبيعية فى المستعمرات التى تربى لعدة أجيال. يمكن أن تتّبع الخسارة فى النوعية من خلال المقارنة الدورية لأداء النوع النافع مع الأفراد البرية التى تجمع من البيئة أو، لو أمكن، مع تلك المخزنة.

يمكن مع إختبارات مناسبة قبل الإستقرار على إختيار عائل بديل للتربية أو غذاء صناعى، ومع المتابعة المستمرة لنوعية السلالة المنتجة مع الوقت فى المستعمرات التجارية، يمكن إستبعاد التأثيرات الضارة من الأغذية غير المناسبة أو تعديلها.

هـ- منع التلوث Preventing contamination

تتعرض جماهير الكائنات الحية المرباة معملياً للتلوث بالعديد من أنواع المسببات المرضية المعدية التى تغزو مزارع التربية. تعمل الكثافات العددية العالية لجماهير الأعداء الطبيعية المرباة بالمعمل على زيادة التلامس المباشر بين الأفراد وبعضها، وبين الأفراد والمواد الإخراجية

وغيرها من المنتجات التى قد تأوى الميكروبات الممرضة. أيضاً فإن إدخال الأفراد البرية إلى مستعمرة تجارية يمكن أن يسمح بإدخال المسببات المرضية إلى المزرعة المعملية. على سبيل المثال، فإن الفيروس الحبيبى Granulosis virus الذى يصيب يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* يمكن أن يدخل فى المزرعة بسهولة إما عند إضافة يرقات برية من أبى دقيق، أو حشرات كاملة برية لطفيلها *Cotesia rubecula*. يمكن أن يحدث التلوث فى هذا النظام بين يرقات العائل من خلال تلوث الغذاء بالبراز فى حالة عدم تربية اليرقات إنفردياً، أو بين الحشرات الكاملة للطفيليات ويرقات العائل من خلال التلوث الميكانيكى عن طريق آلة وضع البيض للطفيليات. أما بالنسبة للميكروسبوريديا، فإنها يمكن أن تنتقل أفقياً horizontally (عملية عشوائية تتم بواسطة عوامل غير حيوية) ورأسياً vertically (أى بين الأجيال من الأم إلى النسل)، كما أنها تؤدى إلى خفض الخصوبة وقِصر عمر الكائنات المصابة ولا تؤدى إلى موتها فورياً. هناك أيضاً حاجة لجهود خاصة لتخليص المستعمرة من الميكروسبوريديا بإستخدام خطوط تربية عوائلية منفصلة عن بعضها والتخلص من المصاب منها. يمكن أن يكون التطفل المتزايد من العوامل المنشطة على إنتقال المرض فى مستعمرات التربية، حيث أن كل غرزة جديدة من غرزات أنثى الطفيل تحمل معها إمكانية إصابة كل مجموعة الأطوار غير الكاملة داخل العائل بعناصر المرض المعدية. يتم بذل الجهود لتخليص المستعمرة من الميكروبات فقط عندما يكون هناك من الدلائل على أن تلك الميكروبات تقلل من معدل المعيشة والقدرة التناسلية لأى من العدو الحيوى أو العائل. يمكن أن تغزو عديد من أنواع الطفيليات المفرطة مستعمرات تلك الأنواع النافعة كما فى حالة طفيليات المن، ومفترسات عائلة Cecidomyiidae، وللتغلب على هذا الغزو يمكن ضبط طرائق التربية وتصميمات أقفاص التربية.

هناك كثير من الصعاب التى تواجه عمليات التربية المعملية لاسيما عندما تبدأ مزرعة الطفيل أو المفترس بعينات مأخوذة من الحقل مباشرة. أوُصى، على سبيل المثال، بأن يتم بداية تكوين مزرعة الطفيل *Cotesia melanoscelus* (طفيل أولى على يرقات فراشة الغجر) من أول جيل للآفة فى الحقل وذلك لتقليل مشاكل فرط التطفل فى التربية المعملية وعلى أن يتم عزل شرانق الطفيل المجموعة من الحقل فردياً حتى لا يهاجم أى طفيل مفرط أكثر من شرنقة واحدة من شرانق الطفيل الأولى. تستخدم نفس التوصية مع طفيليات المن التى تعانى من هجوم شديد من الطفيليات الثانوية. تتأثر الحشرات الطفيلية أو المفترسة أيضاً بالكائنات الدقيقة، حيث ثبت أن الطفيليات التى تنمو فى أو على عوائل حشرية مصابة بالكائنات الدقيقة ربما تصاب بالمرض ذاته. وجد أن البكتريا *Serratia marcescens* تسبب موت فى مزارع الطفيل التاكينيدى

Lixophaga diatraeae المتطفل على ثاقبات القصب. يتم مكافحة المرض بنقع اليرقات فى محلول ٠,٧% فورمالين لمدة خمسة دقائق قبل التطفل، وكذلك بتطهير العذارى (من الخارج) بمحلول ١% محلول هيبوكلوريد صوديوم لمدة ثلاث دقائق. أيضاً تم تسجيل بعض أنواع الريكتسيا والأشكال القريبة منها كممرضات لبعض الحشرات الطفيلية أو المفترسة حيث قد تتسبب فى تقزم الأنسجة العصبية لمفترس أبو العيد ذو السبع نقط *Coccinella septumpunctata*، وكذلك للطفيل *Bathyplectes* sp. المتطفل على سوسة البرسيم. أيضاً وجد أن المسبب المرضى *Enterella stethorae* يسبب مرض مزمن فى المفترسات الحشرية من جنس *Stethorus* sp. وذلك بتدمير الخلايا الطلائية للمعدة الوسطى. أيضاً فإن العديد من البروتوزوا تم إكتشافها فى الطفيليات الحشرية من رتبة غشائية الأجنحة. فعلى سبيل المثال وجد أن الطفيل *Pediobius foveolatus* وكذلك أحد طفيليات بيض خنفساء الفول المكسيكية تكون حساسة جداً لنوعين من البروتوزوا. وطالما أن النوع *P. foveolatus* قد تم تربيته معملياً وذلك بغرض الإطلاق الحقلى الطُعمى السنوى له ionculative release، فإن مثل هذه البروتوزوا تكون عاملاً خطراً ومحدداً فى إكثار وإنتاج هذا الطفيل معملياً.

ليست كل العناصر الميكروبية المرتبطة بالأعداء الطبيعية تسبب ضرراً للمستعمرة. هناك بعض الكائنات الدقيقة التى غالباً ماتكون هامة جداً للأعداء الطبيعية. غالباً ما تحتوى الطفيليات الحشرية على معاشرات دقيقة داخلية تساعدها وتمكنها من مهاجمة العائل الحشرى بنجاح. فعلى سبيل المثال، وجد أن الفيروس الموجود فى قنوات المبيض للطفيليات التابعة لعائلتى براكونيدى Braconidae وإكنيومنيدى Ichneumonidae توقف الدفاع الدموى وعملية التكبسل داخل العائل الذى يتم التطفل عليه. قد تتدخل الكائنات الدقيقة أيضاً فى عملية التكاثر للطفيليات الحشرية خاصة فى عائلتى Pteromalidae وTrichogrammatidae. أظهرت نتائج الدراسات الحديثة حتمية إشتراك مثل تلك الكائنات فى ظاهرة التكاثر البكرى المنتج للإناث thelytoky فى طفيل *Trichogramma*، إذ وجد أن تغذية إناث هذه الأنواع على عسل مضاف إليه بعض من المضادات الحيوية، أو تربية الحشرات الكاملة على درجات حرارة عالية كانت كافية لعلاج ظاهرة التكاثر البكرى المنتج للاناث فى هذا الطفيل وإنتاج ذكور فى الجيل التالى مباشرة.

و- التعرض للكيميائيات الوسيطة وفرص التعلم

تعتبر الكيميائيات المرتبطة بالعوائل أو الفرائس من أهم مصادر المعلومات المتعلقة بالأعداء الطبيعية. عند تربية هذه الأعداء الطبيعية على البيئات الصناعية أو العوائل البديلة، فإن

ظروف التربية المعملية قد لا توفر فرصة التلامس مع المنبهات الكيميائية الهامة للعائل الطبيعى. يكون طفيل البيض *Trichogramma brassicae* المربى على العائل البديل *Anagasta kuehniella* أقل كفاءة فى التطفل على عائله المستهدف دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* عن تلك المرباه على العائل الطبيعى *O. nubilalis*.

تتسبب التربية على مثل تلك العوائل البديلة فى ضعف أداء الطفيليات ضد العائل المستهدف تحت الظروف الحقلية. وعلى ذلك فإنه يمكن إجراء إحداث تكيف عملى قبل إطلاق الأعداء الطبيعية مع المكونات الرئيسية للعائل الحشرى أو العائل النباتى. يعتبر السماح للأعداء الطبيعية بملامسة النبات المستهدف أو الحشرة المستهدفة على عائلها النباتى من أكثر الصور المباشرة للتكيف وأبسطها بما فى ذلك فرص التكاثر قبل الإطلاق. بالنسبة للطفيليات، يعتقد أن هذه الخبرة تحقق قدرة الطفيل فى البحث المكثف عن عائله وتحسن من قدرته فى التعرف عليه ومهاجمته، وتقلل من فرص تشتته.

ز- مراقبة جودة المستعمرات Monitoring cultures for quality

إن التقييم المنتظم لنوعية الكائنات الحية المنتجة أثناء التربية المكثفة هى عملية ضرورية عند إنتاج الأعداء الطبيعية، ولذا لابد أن تخضع المستعمرة لإختبار دورى لخصائصها الأصلية وذلك بالرجوع إلى البيانات الخاصة بأداء الكائن الحى فى التحليلات البيولوجية الخاصة به. يمكن أيضاً عمل مقارنات بين الكائنات الحية المرباه وبين النماذج الحية سواء المخزن منها أو تلك التى تجمع حديثاً من الحقل من حيث أدائها العام فى إختبارات الصوب الزجاجية، أو سلوكياتها الخاصة مثل قياس سرعة التنقل أو معدل التطفل. على سبيل المثال، يمكن إختبار جودة الأنواع المختلفة من جنس طفيليات البيض *Trichogramma* المرباه من أجل الإستخدام ضد دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* بإطلاق الزنابير المرباة فى مستعمرة الإنتاج فى بيوت زجاجية وضع فيها كتل بيض العائل على النباتات. يمكن أن تُقيم نوعية الأفراد عندئذ بواسطة قياس قدرة الزنابير على الطيران للوصول إلى نباتات الذرة، وإكتشاف بيض العائل، ووضع البيض والنمو بنجاح داخله. يمكن أن تقارن المقاييس المختلفة الأخرى للنجاح فى أداء هذه المهام مثل (أعداد الزنابير التى تصل النبات فى مدة محددة، وأعداد كتل البيض المكتشفة، والنسبة المئوية للبيض المهاجم، ونسبة خروج الزنابير من البيض المتطفل عليه) بأداء الزنابير التى بدىء بها المزرعة أو تلك المجموعة حديثاً من البيئة الطبيعية.

ح- تحسين الأعداء الطبيعية من خلال الإنتقاء الوراثى

Improving bioagents by genetic selection

قد تتم طرق الإنتقاء الوراثى فى مزارع الأعداء الطبيعية لتحسين أو تعديل خصائص معينة مرغوبة دون إضعاف السمات الضرورية الأخرى فى بيولوجيا العدو الحيوى. تضمنت السمات التى تم الإنتقاء من أجلها تحسين الحركة والقدرة على ملاقاة العائل فى النيماتودا، وتغيير صفات السكون، وإزادة سرعة معدل النمو فى الطفيليات. بالإضافة إلى هذا تم الإنتقاء من أجل مقاومة واحد أو أكثر من المبيدات الحشرية.

وبالرغم من أن إطلاق الأعداء الطبيعية المحسنة وراثياً يمكن أن يعقبه إحلال لها بواسطة أعداء طبيعية أخرى منافسة لها فى البيئة الطبيعية، أو قد يحدث لها تهجين مع أفراد من نفس النوع والموجودة فى البيئة الطبيعية، لكن إطلاق تلك العشائر المحسنة بطريقة مكثفة augmentatively يمكن أن تكون أقل تأثراً بتلك المشاكل إلى الحد الذى تتم فيه مكافحة الآفة بواسطة هذه الأفراد التى تم إطلاقها أو بواسطة نسلها التالى. وفى مثل هذه الحالات تقل أهمية اللياقة الطويلة الأمد تحت ظروف المعمل.

يمكن، على سبيل المثال، الإنتقاء الوراثى لأنواع من المفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseiidae مقاومة للمبيدات الحشرية وإستخدامها لمكافحة العنكبوت الأحمر فى البيوت الزجاجية متزامنة مع المبيدات الحشرية لمكافحة آفات أخرى. إن إنتقاء سلالات من عناصر المكافحة البيولوجية لا تدخل فى مرحلة سكون مثل مفترس المن *Aphidoletes aphidimyza* ومفترس التربس *Amblyseius cucumeris* والأكاروس المفترس *Metaseiulus occidntalis* لإستخدامها فى فصل الشتاء فى البيوت الزجاجية فى المناطق المعتدلة الحرارة يمكن أن تكون طريقة لتحسين أحد عناصر المكافحة البيولوجية لأداء مهمة معينة. إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات بغرض إستعمالها مع معاملات إستخدام المبيدات فى إنتاج المحاصيل قد لا يشجع إستخدام الأعداء الطبيعية لمكافحة الآفات الأخرى. وهنا سيظل التساؤل، هل ستبقى أو لا تبقى السلالات أو الكائنات المحسنة وراثياً بكامل لياقتها العامة محافظة على نفسها ومنتجة لذرياتها تحت الظروف الحقلية؟ فهذا أمر معقد يكتنفه أمور متعلقة باللياقة والمنافسة.

يمكن تحسين عدد من خواص النيماتودا والميكروبات الممرضة مثل القدرة على إحداث المرض بالنسبة لعائل معين، والمدى العوائلى، والمقاومة للمبيدات. أمكن تحسين كثير من خصائص سلالات البكتريا *Bacillus thuringiensis* من خلال عدد من التكنيكات. يكون التحسين

ممكناً أيضاً فيما يتعلق بالخصائص التى تؤثر على الإنتاج مثل حصيلة الجراثيم الناتجة، ومعدل النمو تحت ظروف الإنتاج. بالنسبة للنيماتودا (لكن ليس بصفة عامة للميكروبات) يمكن أن يخضع سلوك ملاقاة العائل للتحسين أيضاً. من خلال التربية المتكررة على عوائل جديدة، أمكن توسيع المدى العوائلى للفيروس النووى لدودة الحرير ليشمل حفار الأرز أيضاً. وبإستخدام الهندسة الوراثية، أمكن توسيع المدى العوائلى لسلالة البكتريا *Bacillus thuringiensis* عن طريق دمج الجينات المسئولة عن التوكسينات فى سلالة واحدة من البكتريا وبذلك أمكنها إصابة حشرات من رتبتي ذات الجناحين وغمدية الأجنحة. كذلك أمكن تحسين القدرة على العثور على العائل بزيادة ٢٠-٢٧ مرة للنيماتودا *Steinernema carpocapsae* وذلك من خلال إنتخابات معملية laboratory selection. وعن طريق ٣٠ دورة من الإنتخاب، أمكن زيادة مسافة العثور على العائل بواسطة النيماتودا *S. carpocapsae* من ٣,٥سم إلى ٢٠سم/ساعة، إلا أن السلالة الناتجة لم تظهر زيادة فى كفاءتها تحت الظروف الحقلية. بالرغم من أن أعمال قليلة قد تمت فى تحسين صفات النيماتودا لكن الموضوع مبشر وينتظر المزيد فى المستقبل.

ط- السكون Diapause

غالباً ما يتداخل السكون فى دورة حياة العدو الطبيعى فى إنتاجه الكمى. فعلى سبيل المثال تتسبب توليفة من درجة حرارة معينة وفترة إضاءة معينة فى إحداث السكون للطفيل *Hexacola* sp. nr. *websteri*. عندما تتعرض يرقات الطفيل داخل يرقات عوائلها إلى فترة إضاءة طويلة تصل إلى ١٦ ساعة مع درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٢°م، يدخل طور ما قبل العذراء للطفيل فى حالة من السكون يمكن إنهائه بتعريض محافظ عذارى العائل puparia إلى الرطوبة لساعات قليلة، إلا أن هذا النمط من سهولة إنهاء السكون يعقب فقط جيل الآباء الذى ربى على درجة حرارة ٢٧°م مع ١٤ ساعة إضاءة. لو تعرض جيل آباء الطفيل الذى ربى على درجة حرارة ٣٢°م مع ١٦ ساعة إضاءة وحفظ النسل تحت درجة حرارة ٢٧°م مع ١٤ ساعة إضاءة فإن أكثر من ٩٠% من نسل الطفيل يدخل سكوناً فى طور ما قبل العذراء ولا يمكن إنهاء سكونه بتعريضه للرطوبة. وعندما تربى مجموعة أخرى من نفس نسل جيل الآباء على درجة حرارة ٣٢°م مع ١٦ ساعة إضاءة، فإن ٣٥% فقط من النسل يدخل السكون.

توضح هذه الصورة التعقيدات الكبيرة التى تسهم فى تحديد أى من توليفات الأنماط البيئية environmental regimes داخل حجرات التربية تمنع أو تتسبب أو تنهى السكون. تشمل أمثلة

أخرى طفيل سوسة البرسيم والذى فيه يدخل كل من العائل والطفيل فى تعقيدات فى سكونهما. كما تنهى أنواع طفيليات دودة اللوز القرنفلية من جنس *Chelonus* سكونها على فترات مختلفة.

لا يتأثر سكون الطفيليات فقط بالظروف البيئية، بل بأحوال العائل الحشرى والعائل النباتى. يحدث السكون فى الطفيل *Praon palitans* بواسطة عائله مَنْ البرسيم المبقع *Therioaphis trifolii* والذى بدوره يُنظَم بواسطة الحالة الفسيولوجية لعائله النباتى.

غالباً ما يمكن تناول موضوع السكون بتوليفات مناسبة من الظروف البيئية، وبصفة خاصة ما يتعلق بالحرارة والإضاءة. هناك عامل واحد يجب أن يؤخذ فى الإعتبار وهو أنه يجب أن تختلف درجات الحرارة المثلى للتربية لكل من الأعداء الطبيعية الحشرية وعوائلها.

تتفاوت ظروف تربية الأعداء الطبيعية بإختلاف الأنواع، فعلى سبيل المثال، تربى يرقات الطفيل التاكينيدى *Lixophaga diatraeae* داخل يرقات عائلها (ثاقبات القصب) فى ظلام تام تحت درجات حرارة ٢٦- ٢٨°م ورطوبة ٨٠%، بينما أنواع الطفيليات من جنس *Trichogromma* عادة ما تربى تحت ضوء ثابت. كذلك تختلف الظروف المثلى حتى داخل الجنس الواحد. يمكن تربية أسد المن الأخضر العادى *Chrysoperla carnea* تحت ظروف ضوء ثابتة، بينما النوع *C. rufilabris* يتطلب ١٤ساعة إضاءة لازمة للوصول لأعلى قدرة تناسلية high fecundity. أيضاً لوحظ أن نوعية الضوء وفترات الإضاءة من العوامل الهامة فى تزاوج الحشرات ووضعها للبيض.

ي- تغيرات النسبة الجنسية Sex -ratio changes

مع التربية الممتدة الأمد للطفيليات، قد تشكل التغيرات فى النسبة الجنسية إحدى مشاكل التربية. لكن، يمكن فى بعض الحالات، تعديل ظروف التربية لتحسين هذه المشكلة. على سبيل المثال، فإن مزرعة من الطفيل *Muscidifurax uniraptor* (Pteromalidae) المنتج للإناث thelytokous والتى أُبقى عليها لمدة ١٦ عاماً فى المعمل إبتدأت تدريجياً فى إنتاج نسل من الذكور بصفة دائمة، بالرغم من عدم حدوث تغيير فى طرائق التربية أو تغيير العائل الحشرى. يمكن تحسين إنتاج الإناث من خلال السماح للأمهات الصغيرة السن فقط فى وضع البيض عندما تكون درجة الحرارة متوسطة وعندما تزود بالعوائل فى أيام متبادلة، وبذا يمكن أن يتضاعف عدد الإناث فى مدة قصيرة لدرجة أنه يكون من المدهش أن إنتاج مزرعتين حديثتين من هذا الطفيل يماثل تلك طويلة الأمد التى حدث معها هذا التغيير.

من العوامل التى ترتبط بظروف التربية والتى يمكن أن تؤثر بفاعلية فى النسبة الجنسية للزنابير الطفيلية هى معدل التزاوج (يتضمن ذلك فرط التزاوج over-mating)، وحجم العائل، والتزاحم، ودرجات الحرارة العالية. يكون لإناث الزنابير الطفيلية القدرة على تنظيم وضع بيض منتج للذكور أو منتج للإناث معتمداً فى ذلك على الظروف الخارجية. يُحكم هذا التنظيم بعوامل كثيرة منها حجم العائل، والتزاحم، وميل الإناث إلى وضع بيض منتج للذكور أكثر على العوائل الصغيرة. تميل اليرقات الذكور أن تكون منافسة متسيدة ولذلك تزداد نسبة معيشتها فى العوائل متزايدة التطفل superparasitized hosts. يمكن بدرجة جزئية تخفيف إنتاج الذكور المتحيز فى التربية المعملية عن طريق الإمداد بوفرة من الغذاء وإتساع حيز التربية.

وجد أن تعريض الطفيل *Aphytis melinus* لفترة طويلة لدرجات الحرارة الشتوية يتسبب فى إنتاج نسل متحيز للذكور فى النسبة الجنسية للجيل الأول.

ك- كثافة التربية **Rearing density**

يكون الإمداد بالغذاء الكافى وإتساع حيز التربية من الأمور الهامة فى تعظيم إنتاج النسل. وجد أن أنسب كثافة من الحشرة القشرية الحمراء لتربية الطفيل *Aphytis lingnanensis* هو ٣٠ - ٥٠ حشرة / سم^{٢} على سطح ثمرة القرع العسلى. عند تربية البعوضة المفترسة *Toxorhynchites amboinensis* تكون نسبة اليرقات المفترسة إلى يرقات الفريسة حرجة للغاية، إذ يمكن أن تؤدى قلة الفرائس إلى وجود ظاهرة الإفتراس الذاتى بين اليرقات المفترسة، أما زيادتها فتؤدى إلى خروج حشرات كاملة من الفريسة *Toxorhynchites pans*. هذا وقد إتضح أهمية التوازن بين نسب العائل والطفيل لمنع حدوث ظاهرة التطفل المتزايد فى الإنتاج الكمى للطفيل *Spalangia endius* المتطفل على الذباب المنزلى. لوحظ أن زيادة نسبة الطفيل إلى العائل يمكن أن يؤدى إلى غرزات متعددة وبالتالى زيادة نسبة موت اليرقات. أستعملت نسبة ٤٠ يرقة فراشة الغجر لكل ٨ إناث ملقحة من الطفيل *Cotesia melanoscelus* لمدة ٣ ساعات للسماح بوضع البيض وقد أمكن مع هذا التكنيك تحقيق نسبة تطفل وصلت إلى ٧٠-٨٠ %. أمكن الحصول على أعلى كفاءة إنتاجية لأنواع الطفيليات من جنس *Trichogramma* عند نسبة ١٠٠ بيضة من العائل لكل أنثى طفيل ملقحة. أستعملت وحدات من الكرتون لوضع البيض بالنسبة لأسد المن الأخضر العادى وقد أمكن الحصول على حوالى ٧٩٠٠٠ بيضة من ٥٠٠ حشرة كاملة خلال ٢١ يوماً وقد تم التأكيد على أن كل حشرة تحتاج إلى ٢,٥سم^{٢} كمساحة للإستراحة حتى لا تقصر عمر الحشرة وتنخفض الكفاءة الإنتاجية كنتيجة للتزاحم.

عادة ما يمنع إتساع المكان ووفرة العوائل فى مزارع الطفيليات الحشرية والمفترسات من ظاهرة الإفتراس الذاتى وزيادة نسبة الموت. إلا أنه قد تم تسجيل حالة شاذة عن ذلك إذ وجد أن صلاحية ذبابة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster* للطفيل الداخلى *Leptopilina boulardi* زادت، تحت ظروف معملية مثالية للذبابة، من ٥٠% إلى ٩٠% عندما ربيت تحت ظروف التزاحم. وجد أنه فى الكثافات العالية ليرقات العائل *Spodoptera frugiperda* تزداد نسبة التطفل بواسطة الطفيل *Campoletis sonorensis* تحت درجة حرارة ٢٥°م أكثر منه عند ٣٠°م.

ل- السلوك Behaviour

قد يكون سلوك الأعداء الطبيعية مكون هام فى مزارع تربيتها. فعلى سبيل المثال يقدم السلوك الموجب للضوء positive phototaxis والسالب للجاذبية الأرضية negative geotaxis لطفيليات جنس *Trichogramma* سهولة كبيرة فى التعامل معها. وفى الحقيقة، فإن معظم الطفيليات الحشرية تكون موجبة للضوء مما يسهل جمعها.

ينصح دائماً بتربية الأعداء الطبيعية الحشرية على عوائلها الحشرية الطبيعية والمصادر الغذائية الطبيعية لكى يُهيأ لها كل المنبهات السلوكية الضرورية. وبينما يكون هذا مرغوباً، فقد لا يكون ممكناً فى التربية الكمية. لوحظ أن الطفيل التاكينيدى *Lixophagus diatraeae* الذى يتطفل على حفار ساق القصب ينجذب بمواد طيارة من تغذية اليرقات وأنه يضع يرقاته عند ملامسته لبراز يرقات العائل. ومع ذلك يعتمد برنامج تربيته الكمية على فراشة الشمع الكبيرة وهى عائل بديل لا يؤدى إستعماله إلى تنبيه تحت الظروف الحقلية، لكن يُسهّل كثيراً الإنتاج الكمى له.

يعتبر سلوك تغذية الطفيليات من العوامل المهمة أيضاً. فبالرغم من أن دورة حياة قصيرة من ١٥ يوماً تؤثر إيجابياً على إنتاج عدد كبير من طفيل الحشرة القشرية الحمراء *Aphytis lingnanesis*، إلا أن التغذية على العائل لها تأثير سالب، إذ تهلك كل أنثى طفيل ٤٦ فرداً من العائل فى المتوسط أثناء وضعها لعدد من البيض يصل إلى ٥٧ بيضة. كذلك تتطلب طفيليات عائلة Pteromalidae التى تتكاثر تكاثراً بكرياً منتجاً للذكور Arrhenotoky التغذية على عوائلها فى المراحل المبكرة من دورة حياتها لتعظيم كفاءتها الإنتاجية، بينما الكفاءة الإنتاجية للأنواع التى تتكاثر تكاثراً بكرياً منتجاً للإناث تنخفض بالتغذية المبكرة على العائل.

يتطلب إكثار الطفيليات الحشرية التى تتغذى على عوائلها إهتماماً خاصاً. على سبيل المثال، لتعظيم إنتاج الطفيل *Pteromalus puparium* وهو طفيل جماعى داخلى على عذارى أبى دقيق

الكرنب *Pieris rapae* يلزم تعريض كل زوج من الطفيليات إلى ١٠ عذارى حديثة التكوين من العائل لمدة ٦ أيام وذلك لتوفير عوائل كافية لتغذية الطفيل ووقت كاف لتكوين البيض ووضعه قبل أن تصبح العذارى مسنة بدرجة كبيرة. قد سجل أن النسبة المتوازنة بين العائل والطفيل من العوامل الهامة فى الإنتاج الكمى للطفيليات الجماعية للإستفادة المثلى من العائل.

يظهر أن التغذية على العائل ذات أهمية أيضاً بالنسبة لكوامل الطفيليات من عائلة Tachinidae، فقد وجد أن الكفاءة الإنتاجية للطفيل *Eucelatoria bryani* تزداد بطريقة معنوية بتعريض الإناث لعائلها (دودة كيزان الذرة) أو إلى دم العائل. وجد أيضاً أن تغذية العائل ذات أهمية، إذ قد لوحظ أن يرقات فراشة الغجر إن لم تتغذ جيداً تفترس ذاتياً غيرها من اليرقات وتأكل عذارى طفيلها *Cotesia melanoscelus*.

م- التزاوج Mating

هناك مشاكل خاصة بالتزاوج عند الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية معملياً. وجد أن ظروف التزاوج حرجة للغاية عند الإنتاج المعملى للطفيل *Cotesia melanoscelus*. يجب عزل شرانق الطفيل في كبسولات جيلاتينية قبل خروج كوامل الطفيليات لكى يتم التأكد من عذرية الإناث ثم يحبس الجنسين فى قفص التزاوج تحت ظروف الضوء الطبيعى. ومن الأفضل تغذية الذكور قبل وضعها فى قفص التزاوج، بينما الإناث فتغذى فى القفص نفسه لتقلل من نشاطها عند تزاوج الذكور معها. تتزاوج مثل هذه الإناث مرة واحدة ويجب عدم حفظ الكوامل فى الثلاجات refrigeration إلا بعد ٢٤- ٤٨ ساعة من التزاوج.

أمكن بنجاح الإبقاء على مستعمرة من الطفيل *Glypta fumiferanae* (Ichneumonidae) المتطفل على دودة براعم الصنوبر لمدة عام كامل، وقد عزى جزء من هذا النجاح إلى إجراءات التزاوج والتى كانت تتم بتقديم إناث حديثة الخروج مع ذكور عمر ٢-٤ يوم فى علب من الكرتون سعتها ٠,٢٥ لتر تغطى نهايتيها بشاش رقيق.

وجد أيضاً أن الطفيل التاكينيدى *Lydella thompsomi* يحتاج إلى متطلبات صعبة ليتم التزاوج المعملى. تشمل هذه المتطلبات رطوبة عالية وكثافة ضوئية عالية (على الأقل ٨,٠٠٠ – ١٠,٠٠٠ لوكس lux)، وتغذية على كازين متحلل casein hydrolysate وعسل.

كذلك وجد أن الطفيل التاكينيدى *Argyrophylax basifulva* الذى يتطفل على فراشة جوز الهند الكبيرة *Tirathaba complexa* له متطلبات غاية فى الدقة، إذ يجب وضع الذباب فى قفص

سعته ١ × ٠,٧٥ × ٠,٧٥ متراً فى العراء outdoor تحت أشعة الشمس الساطعة فى الصباح على درجة حرارة ٢٨°م ورطوبة ٩٠% مع وجود نسمة قوية من مروحة كهربائية حتى يمكن الحصول على ٥٠% نجاح فى التزاوج. ومن التعقيدات الأخرى وجود ٣ أيام كفترة ما قبل التزاوج، ٨ أيام كفترة ما قبل وضع البيض. على العكس من ذلك، قد يحدث التزاوج بمنتهى السهولة دون أى متطلبات خاصة كما فى حالة الطفيل التاكينيدى *Lixophaga diatraeae*. وبالرغم من أن بعض الإضاءة قد تكون مطلوبة إلا أن نوعها أو كثافتها تكون ذات تأثير حرج. يحدث التزاوج بمجرد وضع حوالى ٢٠٠ فرد من كوامل الطفيليات فى قفص صغير تحت درجة حرارة ٢٦°م ورطوبة نسبية ٨٠% وفترة إضاءة ١٤ ساعة.

من المفضل أن تكون نسبة الذكور التى توضع مع الإناث منخفضة لتجنب مشاكل فرط التزاوج overmating. على سبيل المثال، وجد أن إضافة ٢٥ ذكراً مع ٣٠٠ أنثى من الطفيل *Brachymeria intermedia* فى برطمان سعته ٤ لتر يحقق تزاوجاً كاملاً. تتزاوج الإناث مرة واحدة وتنتج الإناث غير الملقحة ذكوراً. يحدث التزاوج بعد ١-٢ يوم من خروج الطفيليات فى ضوء صناعى ساطع تحت درجة حرارة ٢٤ - ٢٧°م مؤدياً ذلك إلى نسبة إناث فى النسل الناتج قد تصل إلى ٦٠- ٨٠ %.

ن- تكنيكات خاصة Special techniques

هناك مجموعة من التكنيكات الخاصة لإنتاج الطفيليات والمفترسات في حالة البيض، يتفاوت التعامل معه. فلو كان البيض موضوعاً على سطح طبيعى، فإنه يمكن تقطيع أماكن وضع البيض وتجميعها لتعريضها للطفيليات المهاجمة للبيض. أستخدمت فتاحة الفلين cork borer لتكسير كتل بيض خنفساء أوراق الدردار من على أوراق الدردار حتى يمكن تجميعها مع بعضها فى طبق بترى صغير وتعريضها بدرجة كافية لمهاجمة طفيل البيض *Tetrastichus gallerucae* (Eulophidae).

لكى يمكن تجنب الإفتراس الذاتى بين يرقات أسد المن الأخضر، تحجز اليرقات sealed فى حجرات منفصلة وتغذى، عن طريق قماش أورجنزا organdy، ببيض حشرات حرشفية الأجنحة سبق تجميده.

فى الصين، يشمل الإنتاج الكمى لأنواع طفيليات البيض من جنس *Trichogramma* تفتيت (تمزيق) إناث فراشات دودة الحرير حديثة الخروج لإستخراج البيض غير المخصب، ثم ينظف، ويجفف، ويحفظ تحت درجات حرارة منخفضة لعدة أسابيع قبل إستعماله.

يمكن أن تتركز الكيرومونات والفيرومونات فى أقفاص التربية بدرجة يقل معها حركة الهواء ولدرجة أن الإستجابة الطبيعية للحشرة لا تنبه بدرجة تركيز الرائحة. إتضح أن الطفيل *Chelonus* sp. nr. *curvimaculatus* يستجيب للكيرومونات المنبعثة من حراشيف الجسم ليس فقط بالنسبة لعائله الطبيعى (دودة اللوز القرنفلية) بل أيضاً من عوائل غير طبيعية مثل دودة البنجر. وقد لوحظ حقلياً أن التعدادات العالية من ديدان البنجر فى حقول القطن تقلل من معدل التطفل على دودة اللوز القرنفلية بسبب التشتت الكيرومونى.

أستخدمت رائحة العائل فى دفع إناث الطفيل التاكينيدى *Bonnetia comta* فى وضع يرقاتها الطفيلية على ورق الترشيح. يبلل ورق الترشيح بالماء وينقع فيها براز الدودة القارضة السوداء. وجد أن كرات براز العمر اليرقى الأخير لهذه الدودة تهيئ أعظم كثافة لوضع اليرقات الطفيلية لهذا الطفيل التاكينيدى.

لوحظ أن رد الفعل الدفاعى من جانب العائل مهماً فى تربية بعض أنواع الطفيليات الحشرية. لذلك قد يبدو، بصفة عامة، عدم النصح بإنتاج طفيليات على عوائل تظهر ردود فعل دفاعية مثل كبسلة بيض أو يرقات الطفيل بواسطة خلايا دم العائل، كذلك ينصح بعدم إطلاقها حقلياً لمكافحة تلك العوائل. يفتقر البيض إلى مثل تلك الميكانيكيات الدفاعية ويمكن أن يكون عوائل بديلة نافعة. ينبه هرمون التعرف الصادر من العائل الطبيعى عملية وضع البيض بواسطة طفيل البيض *Telenomus heliothidis* فى بيض ليس من عوائله. لذلك فإن مثل هرمونات التعرف هذه يمكن إستعمالها لإنتاج طفيليات بيض متخصصة فى عوائل مقبولة غذائياً ليست بعوائلها الطبيعية.

من المرغوب فيه دائماً حفظ الأعداء الطبيعية الحشرية لمدة طويلة. هناك من التكنيكات المختلفة التى تستعمل فيها درجات الحرارة المنخفضة غالباً لتقليل معدلات النمو. يمكن تخزين الأعداء الطبيعية الحشرية تحت درجات الحرارة المنخفضة لفترات متباينة وفقاً للنوع. يمكن تخزين الطفيل *Brachymeria intermedia* لمدة ٥ شهور على الأقل تحت درجة حرارة ١٠°م، ٥٠% رطوبة نسبية بنسبة موت تتراوح بين ٣٠ – ٥٠% وفقاً للنسبة الجنسية (لا تستطيع الذكور أن تعيش لفترة طويلة تحت ظروف التخزين). لكن من المفضل أن لا تخزن الطفيليات المعدة للإطلاق الحقلى لمدة تزيد عن ٤٨ ساعة تحت درجة حرارة ١٦°م. للحصول على أعلى نسبة معيشة يجب أن تطلق الطفيليات فى الحقل خلال ٧٢ ساعة من الجمع. وجد أن بيض أسد المن الأخضر العادى يمكن تخزينه تحت درجة حرارة ١٣– ١٤°م ورطوبة ٧٠-٨٠% لمدة

عشرة أيام فقط دون حدوث إنخفاض ملحوظ فى حيويته. لوحظ أيضاً أن طفيل الحشرة القشرية الحمراء *Aphytis lingnanensis* يمكن أن يخزن فقط لمدة لا تزيد عن ٣ أيام تحت درجة حرارة ١٦°م .

هناك عوامل كثيرة يجب أن تؤخذ فى الإعتبار وتختبر قبل التخزين البارد للأعداء الطبيعية الحشرية. على سبيل المثال، سجل أن تخزين الطفيل *Aphidius smithi* (طفيل على مَنْ البسلة) لفترة طويلة يثبط الحيوانات المنوية فى الذكور أو فى الإناث الملَقحة. كذلك وجد أن تخزين كوامل الطفيل *Cotesia melanoscelus* تحت درجات حرارة منخفضة يجب أن لا يحدث إلا بعد التزاوج.

عادة ما تتباين دورات حياة الأعداء الطبيعية الحشرية فى المعمل فيما بين ٨- ٤٢ يوماً وفقاً لدرجة الحرارة مع إستبعاد تأثير السكون، إلا أنه من الشائع أن تنمو معظم الأنواع فى مدة تتراوح بين ١٤- ٣٠ يوماً. على سبيل المثال، ينمو الطفيل *Trichogramma pretiosum* فى ٩,٥ يوماً فى المتوسط تحت درجة حرارة ٢٦,٧°م وضوء مستمر، أما الطفيل *T. minutum* فينمو فى ٨ أيام. ينمو الطفيل *Brachymeria intermedia* فى ١٥- ٣٠ يوماً على درجة حرارة ٢٤°م، ويتطلب أَسد المن الأخضر العادى حوالى ٣٠ يوماً على درجة حرارة ٢٦,٧°م وحوالى ٧٥% رطوبة نسبية بإضاءة دائمة فى حجرة التربية.

طالما أن حراشيف فراشات دودة الشمع الكبيرة تتداخل بعد خروجها مع طفيليات *Brachymeria intermedia* الواضعة للبيض فى العذارى، فإن وحدات التربية يجب أن تنظف من الفراشات والحراشيف. لو ظهرت الطفيليات غير نشطة فى برطمانات وضع البيض فمعنى ذلك زيادة الحرارة أو كثافة الضوء أو كليهما، أما لو كانت الطفيليات نشطة لكن يوجد هناك إنخفاض فى معدل التطفل، فيجب إختبار العوامل الآتية:

١- يمكن أن تكون عذارى دودة الشمع متقدمة فى العمر (مسنة) عندما عرضت للتطفل.

٢- يمكن أن تكون نسبة الطفيليات إلى العائل منخفضة جداً (النسبة المثلى هى ٢٥ أنثى طفيل لكل ٣٠٠ شرنقة).

٣- يمكن أن تكون فترة الإضاءة قصيرة جداً (الفترة المثلى ١٠ ساعات).

يمكن أن يكون سبب موت النسبة العالية من الطفيليات الواضعة للبيض إرتفاع درجات حرارة برطمانات وضع البيض (الدرجة المثلى ٢٤-٢٦°م).

(٣) التكلفة Cost

لكى يكون تسويق الأعداء الطبيعية المرباة معملياً ناجحاً، يجب تحديد السعر ليكون منافساً لخيارات المكافحة الأخرى. هناك عدة عوامل تؤثر على سعر المنافسة منها تكلفة تربية الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة البيولوجية، بالإضافة إلى تكلفة العائل المعملى اللازم لتربية عناصر المكافحة البيولوجية، وتكلفة عوامل المنافسة مثل المكافحة الكيميائية، وقيمة المحصول، وقدرة الأعداء الطبيعية على تحسين نوعية وجودة المحصول للمشترين.

أ- تكلفة تربية عناصر المكافحة البيولوجية Cost of rearing the bioagents

سوف تكون تربية عناصر المكافحة البيولوجية بشكل تجارى منافساً للمكافحة الكيميائية فقط عندما يكون إنتاجية نظم التربية، معبراً عنه بقيمة بيع تلك الكائنات الحية، أعلى من تكاليف العمالة والمواد الأولية الضرورية لإنتاج تلك الأنواع النافعة. عادة ما تنخفض تكلفة الإنتاج بإنخفاض تكلفة المواد الأولية، وكذلك بإيجاد البدائل الأرخص فى أثمانها، وأيضاً بواسطة ميكنة نظم التربية. فى أغلب الأحيان يرتبط زيادة حجم الإنتاج بكفاءة الإستعمال حتى يتحقق الإستثمار فى الماكينات والمواد.

ب- أنظمة التربية الطبيعية Natural rearing systems

تعرّف أنظمة التربية الطبيعية على أنها تلك النظم التى يربى فيها العدو الحيوى على عائل أو فريسة طبيعية يتم تربيتها على إحدى عوائلها النباتية (غذائها الطبيعى) تحت الظروف المعملية. على سبيل المثال يعتبر الإكثار الكمى للمفترس الأكاروسى *Phytoseiullus persimilis* على العنكبوت الأحمر ذو البقعتين *Tetranychus urticae* الذى يتم تربيته على نباتات الفاصوليا، من أنظمة التربية الطبيعية الناجحة إقتصادياً. تستخدم هذة الطريقة أيضاً فى الإكثار الكمى لبعض أنواع المفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseiidae، وكذلك عند تربية الطفيل *Encarsia formosa* على ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vapororiorum* والتى يتم تربيتها على عائلها النباتى الطبيعى داخل صوب صغيرة معدة خصيصاً من أجل التربية المكثفة للطفيل. هناك كثير من النظم الأخرى التى تستخدم العوائل الطبيعية بصورة ناجحة وعملية وإقتصادية لإنتاج كثير من الطفيليات والمفترسات الخاصة ببعض صانعات الأنفاق والتربس والحشرات القشرية والمن والبق الدقيقى.

على أية حال تعتبر تكلفة عديد من الأنظمة الطبيعية، خاصة التى تتطلب عمالة كثيرة لتربية النباتات كعوائل للحشرات العاشبة، ذات قيمة مرتفعة جداً بالنسبة لمنتج المحصول المطلوب حمايته بواسطة إطلاق عناصر المكافحة البيولوجية وخصوصاً فى النظم التى تكون فيها النباتات المستخدمة فى التربية بطيئة النمو أو مكلفة، أو أن تكون الحشرات العاشبة ذاتية الإفتراس أو حساسة للمرض عند التزاحم، أو يكون العدو الحيوى ذاته ذاتى الإفتراس. فى مثل هذه النظم، تكون تكاليف تربية الأعداء الطبيعية عالية جداً وليست ذات قيمة تنافسية إقتصادياً مع طرق المكافحة الأخرى، ولذلك يمكن إستخدامها للمحاصيل ذات القيمة الإقتصادية العالية أو فى الحالات التى تحتاج أعداد قليلة من الكائنات الحية النافعة لكل وحدة مساحة من المحصول.

هناك بعض عناصر المكافحة البيولوجية التى لا تعتبر سهلة على الإطلاق فى إكثارها تحت ظروف النظم الطبيعية وذلك لإرتفاع تكاليف إنتاجها، ومنها طفيليات عائلة Tachinidae المتطفلة على خنفساء الكلورادو، والمفترسات التابعة لعائلة Staphylinidae التى تفترس ذبابة البصل *Delia antique*، علاوة على طفيليات عائلة Eulophidae المتطفلة على خنفساء الفاصوليا المكسيكية *Epilachna varivestis*. فى بعض الحالات، يكون إستخدام العوائل الطبيعية لإنتاج الأعداء الطبيعية إقتصادياً فيما لو أن العائل المستخدم يربى كمياً لأغراض أخرى. على سبيل المثال، يتم مكافحة بعض أنواع ذباب الفاكهة عن طريق برامج تعقيم الذكور ونظراً لتوفر التربية اللازمة لذلك فيمكن إستخدام بعض منها كعوائل طبيعية للتربية الموسعة للطفيليات الخاصة بذباب الفاكهة.

جـ- نظم التربية البديلة Alternative rearing systems

قد تنخفض التكلفة بإيجاد البدائل الأرخص، إما فى النبات أو آكل العشب كمستوى غذائى فى نظام التربية. على سبيل المثال، قد تستعمل الأنواع المختلفة من القرع العسلى بدلاً من نباتات الزينة الخضراء لتربية بعض أنواع الحشرات القشرية التابعة لعائلة Diaspididae والأعداء الطبيعية المرتبطة بها. هناك العديد من أنواع العوائل البديلة الشائعة الإستخدام لتربية الطفيليات. فعلى سبيل المثال، يتم تربية أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. على نحو موسع فى برامج الإكثار الكمى بإستخدام بيض بعض حشرات الحبوب المخزونة مثل فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* ودودة الدقيق *Anagasta kuehniella* وذلك لسهولة الحصول على بيض تلك الحشرات بأرخص التكاليف. يمكن تربية مثل تلك الحشرات فى حاويات كبيرة على حبوب رخيصة، كما أن طرق تربيتها يتطلب جهداً أقل مقارنة بالأنظمة التى تستخدم فيها النباتات فى الأصص والتى يجب تربيتها وحمايتها بطرق العلاج المختلفة.

عند تربية الطفيليات على عوائلها الحشرية الأصلية وإطلاق عوائل تلك الطفيليات فإنها قد تحتوى على أفراد من العائل غير متطفل عليها وهذا يؤدى إلى خروج أفراد من الآفة تضاف كأفراد جديدة إلى تعداد الآفة فى الحقل. يمكن التغلب على تلك المشكلة بتربية الطفيليات فى عوائل تم قتلها بواسطة الأشعة فوق البنفسجية أو الإشعاع أو الحرارة أو التبريد أو من خلال عمليات ميكانيكية (التعويم أو بإستخدام الفرش أو النخل) لفصل العوائل المتطفل عليها عن العوائل السليمة. فعلى سبيل المثال، عند التربية الكمية للطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* على فراشة درنات البطاطس، يكون هناك خليط من الأفراد المتطفل عليها (المومياوات) وغير المتطفل عليها (عذارى فراشة درنات البطاطس). ولفصل كلا النوعين، يتم جمع العذارى ووضعها فى إناء نظيف يحتوى على محلول ٢% من هيبوكلوريد الصوديوم الذى يزيل الطبقة الرملية وكذلك طبقة الحرير التى تحيط بكل من العذارى المتطفل عليها وغير المتطفل عليها، عندئذ تطفو مومياوات الطفيل على سطح المحلول ويمكن فصلها بسهولة عن عذارى فراشة درنات البطاطس غير المتطفل عليها.

مما لا شك فيه أن الغذاء والعوائل المستخدمة لتربية الأعداء الطبيعية فى المعمل تختلف بدرجات متفاوتة عن تلك المستخدمة بواسطة الأعداء الطبيعية فى الحقل. على سبيل المثال، قد يربى الطفيل على عائل ناتج من بيئة صناعية ومثل تلك العوائل قد تفشل فى إنتاج وإطلاق الكيرومونات kairomones الهامة والمواد النباتية الجاذبة synomones التى تجذب الطفيليات وتمكنها من التعرف على أو الوصول إلى العائل. فى مثل هذه الحالات يمكن إعادة النشاط الكيرومونى إلى براز العائل عن طريق إضافة مسحوق العائل النباتى الجاف للبيئة غير الحية (الميتة). على سبيل المثال، تضاف بادرات الذرة الصفراء المجففة للبيئات الصناعية المستخدمة لتربية حشرة *Ostrinia furnacalis* لإعادة النشاط الكيرومونى لبراز يرقات العائل عند تربية الطفيل *Macrocentrus linearis*.

قد تربى بعض أنواع الطفيليات من عائلة Tachinidae بطريقة صناعية بواسطة إستخلاص اليرقات صناعياً من الإناث الحوامل gravid عن طريق هرسها بطريقة ميكانيكية فى خلاط الغذاء ووضع تلك اليرقات فى أكواب مليئة بالآجار الذى يحتوى على يرقات العائل.

قد تكون تربية المفترسات أكثر كفاءة بإحلال الأغذية غير الحية محل الفرائس الحية. تم تربية البق المفترس *Geocoris punctipes* بنجاح على بيئة من الكبد ومسحوق من لحم البقر بسعر منخفض بتكلفة ٠,٦٣ دولار لكل ١٠٠٠ حشرة من المفترس. أيضاً فإن الأكاروسات المفترسة التابعة لعائلة Phytoseiidae مثل المفترس *Amblyseisus take* تم تربيته على بيئة تحتوى على

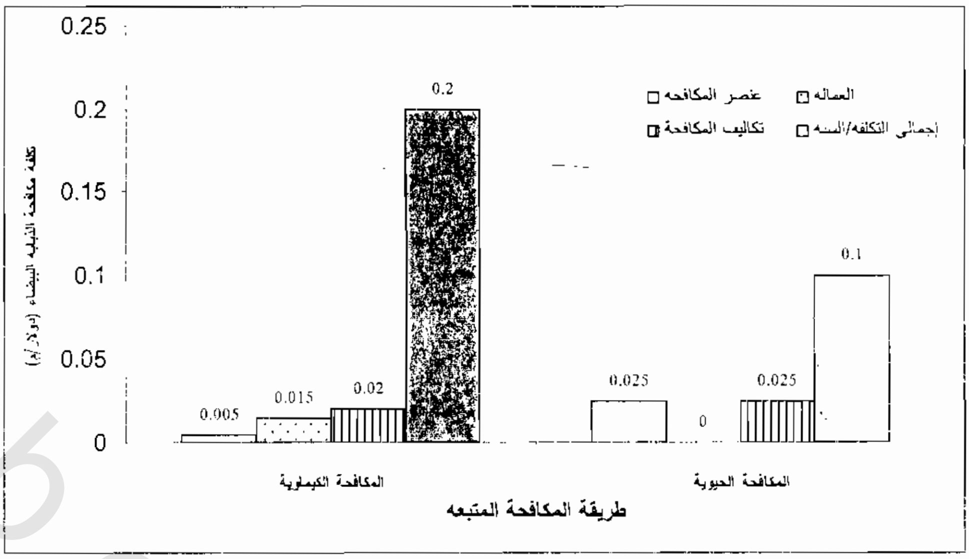
العسل ومح البيض وملح وسونز Wessons' salt وماء. وجد فى نوعين من عائلة Phytoseiidae ربيا على بيئات صناعية نقص فيما تضعهما من بيض بمعدل ٢٥ إلى ٥٠ % يومياً، ولكن النسل الناتج قد نمى عادياً على البيئة وحقق حجماً عاديا للطور الكامل للأكاروس. عموماً فإن إستخدام حبوب اللقاح (بدائل الفرائس الحية) تعتبر طريقة ناجحة ومؤثرة فى تربية عشرة أنواع من المفترسات التابعة لعائلة Phytoseiidae. ومثال على ذلك تربية المفترس *Amblyseius fallacis* بتكلفة أقل من تربيته على الفرائس الحية.

هناك كثير من الجهود التى بذلت لتربية طفيليات مفصليات الأرجل على البيئات غير الحية والتى نفذت لعديد من أنواع الطفيليات، منها الطفيل *Trichogramma pretiosum*، وبعض أنواع عائلة Chalcididae مثل الطفيل *Brachymeria lasus*، وعائلة Tachinidae مثل الطفيل *Eucelatoria* sp. أمكن تربية الطفيل *Bracon mellitor* والطفيل *Catolaccus grands* خارجياً in vitro على البيئات التى تحتوى فقط على مبيدات بيولوجية محددة ومعادن ومح بيض الدواجن.

تحتاج مثل هذه النظم من التربية الصناعية إلى إضافة مواد كيرومونية من العائل الحشرى وبعض المحفزات الأخرى التى يحتاجها الطفيل للتعرف على العائل حتى يسلك سلوك المهاجمة الطبيعى. تعتبر الاستفادة من كل أنظمة التربية الصناعية هى جزء من التطبيقات البحثية التى تستند على خفض تكلفة الإنتاج الدائم بواسطة تعظيم الميكنة فى حالة عدم إستخدام العوائل غير الحية.

د- المنافسة بين طرق المكافحة المختلفة

يجب أن تقدر تكلفة تربية الأعداء الطبيعية بناء على قيمة إنتاجية المحصول الذى يتم حمايته بواسطة عناصر المكافحة البيولوجية وكذلك بمقارنتها بتكلفة خيارات مكافحة الآفات الاخرى المتاحة مثل المكافحة الكيميائية. على سبيل المثال، فإن إستخدام طفيل البيض *Trichogrammatoidea cryptophlebiae* ضد آفات الموالح فى جنوب إفريقيا كان إقتصادياً، إذ قدمت درجة من المكافحة (٤٥ – ٦٠%) مناظرة للمكافحة الكيميائية وبتكلفة قدرها ثلث التكلفة بإستخدام الكيميائيات. وفى طماطم البيوت الزجاجية فى أوربا الغربية كانت المكافحة البيولوجية أقل تكلفة من المكافحة الكيميائية بالنسبة لجميع الآفات الرئيسية مثل (الذباب الأبيض والعنكبوت الأحمر والتربس وصانعات أنفاق الأوراق) (شكل ٦:٢). على العكس من ذلك، فبالرغم من أن المكافحة البيولوجية للذبابة البيضاء *Bemsiia tabaci* على نباتات بنت القنصل *Euphorbia* sp. قد حققت نجاحاً ملحوظاً بإستخدام طفيليات مثل *Encarsia formosa* و *Eretmocerus eremicus*، إلا أن تكلفة المكافحة البيولوجية كانت أعلى ٢٧ مرة عن تلك فى حالة المكافحة الكيميائية.



شكل (٦:٢) التكلفة النسبية للمكافحة البيولوجية (٤ معاملات فى الموسم) والكيميائية (١٠ معاملات فى الموسم) لمكافحة الذبابة البيضاء على محصول الطماطم فى الصوب فى أوربا. (عن فان لينترن Van Lenteren، ١٩٩٩).

فى بعض الحالات، يمكن أيضاً تمثيل الظروف الإجتماعية فى المنافسة النسبية بين المكافحة البيولوجية والمكافحة الكيميائية للآفة، خاصة فى حالة التقارب بين مواقع التطبيق. على سبيل المثال، هناك من القوانيين ما يمنع إستخدام المبيدات الكيميائية على الأراضى الزراعية القريبة من المناطق الحضرية وهذا بلا شك يخلق سوقاً جيدة لإستخدام الطفيليات والمفترسات مثل إستخدام طفيل *Trichogramma* spp. لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربى *Ostrinia nubilalis*. وبنفس الطريقة، فإن المشاكل الناتجة من إستخدام المبيدات أصبحت عائقاً يحد من التوسع فى إستخدامها فى بعض المواقع مثل الأراضى الزراعية فوق المياه الجوفية الهامة، أو قرب الآبار، أو مصادر مياه الشرب. أيضاً فى بعض الظروف، قد يتضارب إستعمال المبيدات الحشرية مع أهداف المزارعين، وعلى سبيل المثال عملية التلقيح بواسطة الملقحات للحصول على بذور المحصول وتسويق إنتاج محاصيل خالية من المبيدات الحشرية. على الجانب الآخر فإن شراء المبيدات وتوزيعها مجاناً بواسطة الحكومات لمكافحة آفات معينة يزيد من صعوبة المنافسة للمكافحة البيولوجية مع طرق المكافحة الأخرى خاصة الكيميائية.

هـ- قيمة المحصول وتكلفة المكافحة Crop value and cost of controls

قد يؤدي إرتفاع أسعار شراء الأعداء الطبيعية إلى استعمالها بشكل محدود، خاصة فى المحاصيل عالية القيمة وذلك لمكافحة آفة تسبب خسائر عالية. يجب أن تحقق تلك المحاصيل للمزارعين هوامش ربح كبيرة بما فيه الكفاية حتى تكون قادرة على تحمل التكاليف المرتفعة لمكافحة الحشرات بيولوجياً. على سبيل المثال، يعتبر محصول التوت البرى مرتفع القيمة الربحية فى أمريكا، ويلجأ المزارعون لإستخدام نوع من النيماتودا المتطفلة للسيطرة على سوسة الجذور وهى من الآفات الخطيرة. وبالرغم من إرتفاع تكاليف مكافحة تلك الآفة بيولوجياً إلا أن العائد الإقتصادى من المحصول يفوق التكلفة. على النقيض من ذلك يدر محصول البطاطس هامش ربح منخفض مما يجعل منتجو هذا المحصول لا يستطيعون تحمل تكلفة عناصر المكافحة البيولوجية مثل أحد أنواع النيماتودا المتطفلة لإرتفاع أسعارها. بحساب صافى العائد الإقتصادى نتيجة مكافحة العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* على الفراولة فى كاليفورنيا بواسطة كلا من المبيدات الأكاروسية بمفردها وإطلاق المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* بمفرده أيضاً أو بإستخدام الطريقتين معاً (المبيدات الأكاروسية وإطلاق المفترس الأكاروسى)، وجد أن أعلى عائد إقتصادى للمزارع كان فى حالة إدماج المبيدات الأكاروسية مع إطلاق المفترس الأكاروسى وذلك بسبب توافق المبيد الأكاروسى مع المفترس.

على أى حال، يتزايد قيمة عنصر المكافحة البيولوجية فيما لو سمحت للمزارعين بالسيطرة على الآفة المستهدفة والحفاظ على الأعداء الطبيعية للحشرات الأخرى غير المستهدفة مما يحقق التوازن الطبيعى للآفات فى البيئة.

(٤) التخزين والشحن Storage and shipping

يلعب التخزين دوراً مهماً فى خطط التربية التجارية لإنتاج الأعداء الطبيعية، حيث يسمح بإستغلال الوسائل لإنتاج الأعداء الطبيعية على مدار العام والتى قد تكون مطلوبة فقط فى بضعة أشهر منه. فى غياب الطرق الفعالة لتخزين الأعداء الطبيعية، فإن تربية المستعمرات بغرض الإكثار يجب أن تتزايد خلال موسم الإنتاج لتلبية المطلوب، ثم يمكن خفض حجم التربية ووقفها أو تحويل التربية والإكثار لعنصر آخر تختلف فترة الطلب عليه عن فترة العنصر الأول. تزيد التقلبات الموسمية من تكلفة الإنتاج حيث يبطل إستعمال الوسائل التى تصبح مُعْطلة فى غير الموسم. يكون الإستعمال الثابت لإمكانيات إنتاج الأعداء الطبيعية على مدار العام هام للغاية حيث تكون التكاليف الرئيسية للعمل، مثل تكاليف إستئجار أو شراء المكان ثابتة ولا يمكن إستبعادها عندما لا يُنتج العدو الحيوى. وبنفس الشيء، فإن الإنتاج المستمر للأعداء الطبيعية طوال العام

يسهل من تدريب طاقم الموظفين وعملهم طوال الوقت. يمكن إزادة فترة الطلب على المنتجات التجارية الحيوية عن طريق التوسع فى إنتاج عدة أنواع مختلفة من عناصر المكافحة البيولوجية التى تستهدف محاصيل أو مناطق مختلفة لها إحتياجات موسمية مختلفة، أو بتسويق عنصر واحد للمكافحة البيولوجية للسيطرة على عدد من الآفات ذات مواسم متفاوتة، أو بتواجد زبائن مستفيدين فى كل من شمال وجنوب الكرة الأرضية مما يهيىء مكسباً من التسويق على مدار العام.

تعتبر عناصر المكافحة البيولوجية الكبيرة الحجم من مفترسات وطفيليات وآكلات حشائش من النوعيات الفقيرة التخزين مقارنة بالنيماتودا وأنواع الميكروبات والتى يمكن لبعضها أن يحفظ لعدة شهور أو سنوات، أما تخزين الكائنات كبيرة الحجم فلا يتجاوز، تحت أنسب الظروف، شهور قليلة وعادة ما تكون أسابيع فقط. عادة ما تستخدم درجات الحرارة المنخفضة لإطالة فترة التخزين لعناصر المكافحة البيولوجية لتبقى فاعلة وذات حيوية. وحيث أن لكل نوع من عناصر المكافحة الحيوية صفاته الخاصة فيجب عمل الإختبارات للوصول إلى أفضل التوليفات من درجات الحرارة المنخفضة والرطوبة النسبية والوحدات الضوئية اللازمة. تتفاوت فترات التخزين الفاعلة حسب الأنواع المختلفة. ففى المفترس *Synonycha grandis* من عائلة Coccinellidae تتفاوت نسبة الأفراد النشطة من ٥٠ إلى ١٠٠% لمدة تخزين أقصاها خمسة أشهر على درجة حراره ١٨–٢٠°م. وفى المفترس *Aphidoletes aphidimyza* يمكن أن يخزن على درجة حرارة ١°م لمدة أقصاها شهرين مع نسبة فقد أقل من ١٠%، ولمدة عشرة أيام على درجة حرارة ٥°م. ذكر أن الأفراد التى تدخل فى سكون يمكن تخزينها لفترات أطول من تلك التى لا تدخل فى سكون. يمكن أن تخزن الأفراد الكاملة الساكنة لمفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* لمدة ٣١ أسبوعاً على درجة حرارة ٥°م ونسبة موت قليلة جداً، وطفيل *Trichogramma evanescens* الساكن يمكن أن يخزن لمدة سنة مع نسبة فقد أو تدهور فى النوعية قليلة جداً، بينما العذارى غير الساكنة لطفيل *Trichogramma pretiosum* يمكن تخزينها لمدة ١٢ يوماً فقط على أفضل درجات الحرارة والتى تتراوح من ١٥– ١٧°م. أما طفيل *Trichogramma minutum* والذى ربى لمكافحة حشرة *Choristoneura fumiferana* والذى تم شحنه فوراً بعد إنتاجه فقد أمكن تخزينه لمدة يوم إلى يومين فقط على درجة حرارة ١٠°م. على النقيض من ذلك، أمكن تخزين المفترس الأكاروسى *Amblyseius cucumeris* لمدة ١٠ أسابيع على درجة حرارة ٩°م بنسبة بقاء قدرها ٦٣%. أما عند تخزين وشحن المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* فإن إضافة الغذاء، حتى فى حالة درجة الحرارة المنخفضة، يكون مفيداً، ولكن إضافة الردة وكرات من مادة الفيرموكليت vermiculite يشجع على نمو الفطر وإنخفاض نسبة البقاء عند التخزين.

بالإضافة إلى فهم وإستخدام شروط التخزين الصحيحة للأعداء الطبيعية، يجب أن توجد طرق فعالة فى عمليات الشحن لكى تصل بحالة جيدة من خلال إستعمال مواد تغليف إضافية قوية لمنع التمزق مع التأكد من توفير درجة الحرارة والرطوبة المناسبة اللازمة لوقت الرحلة فى النقل مع التأكد من منع هروب الكائنات الحية الصغيرة جداً. يمكن منع جفاف عناصر المكافحة البيولوجية أثناء الشحن عن طريق إستخدام ملح مبلل داخل أكياس من البلاستيك بأغشية تسمح بمرور بخار الماء والتى يمكن أن تحافظ على مستوى الرطوبة لمدة أقصاها ١١ يوماً. أما فى الفترات القصيرة، فيمكن إستخدام قطع إسفنج مشبعة بالماء. لمنع إرتفاع درجة الحرارة فى الصيف، تزود الشحنة بعبوات باردة cold packs، ولمنع التجمد فى الشتاء تزود الشحنة بأوعية بها ماء ساخن لحماية الشحنة أثناء الليل. هذا ويجب إرسال الشحنة فى أسرع وقت ممكن كلما أمكن ذلك بحيث لا تزيد المدة أكثر من يوم إلى ثلاثة أيام، مع الأخذ فى الإعتبار أن إضافة العسل كغذاء لتغذية الأفراد الحية فور خروجها مباشرة يزيد من عمر وخصوبة عناصر المكافحة البيولوجية.

(٥) طرق التطبيق Application methods

بمجرد إنتاج الأعداء الطبيعية الملائمة ذات النوعية المقبولة وتسليمها إلى المستفيد يتطلب الأمر التطبيق من خلال أنظمة تعظم فعالية عناصر المكافحة البيولوجية لمكافحة الآفات المستهدفة. يجب أن يتم تحديد الوقت المناسب لإطلاق الأعداء الطبيعية وتركيز نشاطها خلال الفترات التى تتواجد فيها الآفات، يُحدد ذلك من خلال إستخدام الأنواع المختلفة من المصائد لجمع أحد الأطوار الحية للآفة المستهدفة. على سبيل المثال أستخدمت المصيدة الفيرومونية فى مزارع الموالح والأفوكادو لتحديد وقت إطلاق طفيل *Trichogramma platneri*. وحيث أن بيض العائل، وهو الطور المستهدف، سوف يتواجد بعد فترة قصيرة من زيادة حصيلة المصائد من فراشات الآفة، فإن المصائد توضح أنسب وقت لإطلاق الطفيل. وأيضاً فى بساتين الموالح إستخدمت مصائد الفيرومونات والمصائد الضوئية معاً لتحديد وقت إطلاق الطفيل *Aphytis melinus* ضد الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii*. كذلك تستخدم مصائد الفيرومونات لفراشة الكرنب *Barratbra brassicae* لتحديد وقت إطلاق الطفيل *Trichogramma evanescens*. أما فى حالة إطلاق الطفيل *Encarsia formosa* فى الصوب فيتم تحديد وقت الإستخدام بناء على عدد بيض الذباب الأبيض المتراكم فى الأيام المدرجة على أن يتزامن إطلاق الطفيل مع وجود الحوريات فى أعمار كبيرة (العمر الثالث والرابع).

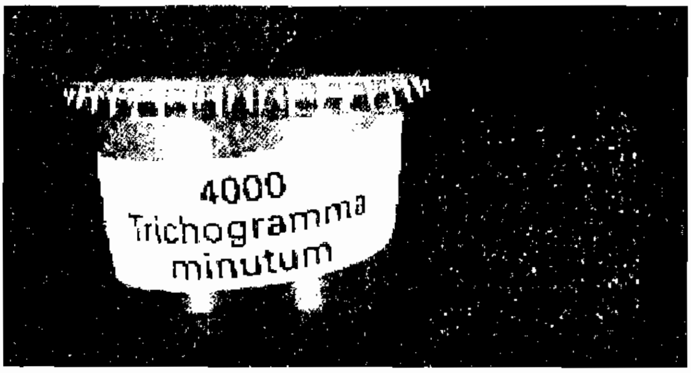
نظراً لقصر فترة حياة تلك الأعداء البيولوجية يجب تحديد الوقت المناسب لإجراء عملية الإطلاق حتى يتمكن العدو الحيوى من أن يجد العائل المناسب فى العمر المناسب ليحقق أقصى كفاءة له. كذلك يحدد عدد إطلاقات العدو الحيوى خلال الموسم والفترات التى تفصل الإطلاقات بعضها عن بعض بناءً على خصوبة الآفة المستهدفة وفترة حياتها. على سبيل المثال، لو أن فترة وضع البيض للآفة المستهدفة تستغرق من ٣-٤ أسابيع وكانت حياة طفيليات البيض فى الحقل أيام قليلة فقط، لزم إطلاق عدة إطلاقات أسبوعياً حتى يتعرض معظم بيض الآفة للمهاجمة. أيضاً يجب الأخذ فى الإعتبار مدى تعرض العدو الحيوى للمهاجمة من الطفيليات الثانوية وبعض المفترسات المختلفة.

قد تتضمن الإعتبارات الأخرى المتعلقة بطرق الإطلاق الحاجة لتعريض العدو الحيوى المزمع إطلاقه إلى العائل أو محفزاته قبل الإطلاق، أو إطلاق الأعداء الحيوية فى الصباح الباكر أو فى وقت متأخر من اليوم قبل الغروب. يمكن أن تكون كل هذه الأنشطة مساعدة فى تقليل الهجرة السريعة بعيداً عن منطقة الإطلاق أو طور العائل الذى يهاجم، وإطالة مدة وجودها فى الحقل. أمكن العمل على زيادة إستقرار طفيل البيض *Trichogramma pretiosum* بما يعادل ست مرات بتعريض أفراده لبيض العائل. إذا كان تواجد طور العائل الذى سيهاجم لمدة طويلة فى الحقل وكانت فرصة تكرار إطلاقات العدو الحيوى غير ممكنة، فيكون من المفيد أن تضبط طرق الإطلاق بحيث تخرج الحشرات الكاملة للطفيل فى موجات لأطول فترة ممكنة، ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإطلاق أطوار غير كاملة للطفيل فى أعمار متفاوتة أو بإستعمال حاويات الإطلاق release containers التى تحتوى على أطوار العائل، التى تسمح بتربية العدو الحيوى لفترة من الوقت. أخيراً يمكن إدخال نباتات تحتوى على العوائل البديلة التى لا تؤثر بالضرر على المحصول الأساسى فى البيوت الزجاجية. تهئ هذه النباتات، والتى يطلق عليها النباتات البنكيرة banker plants بيئة وعوائل للإبقاء على تعدادات العدو الحيوى. أستخدمت تلك الطريقة فى حشرات المن وصانعات أنفاق الأوراق والذباب الأبيض.

يجب ألا تسبب الطرق الطبيعية المستخدمة فى إطلاق وتوزيع الأعداء الحيوية أضراراً للنباتات القائمة، وأن تعطى توزيعا جيداً وسريعاً مع تكلفة منخفضة. كذلك لابد من إجراء إختبارات تحت الظروف الحقلية لتوضيح أن أسلوب الإطلاق المزمع إتباعه له تلك الخصائص. وفيما يلى شرح مبسط لأهم الطرق المستخدمة فى إطلاق الأعداء الطبيعية:

١- إطلاق طفيليات الترايكوجراما *Trichogramma* spp.

يتم إطلاق طفيليات الترايكوجراما على شكل بيض متطفل عليه فى عمر العذراء، وهذه العذارى إما أن تكون سائبة loose pupae أو تكون ملصقة على كروت ورقية أو كرتونية (شكل ٣:٦).

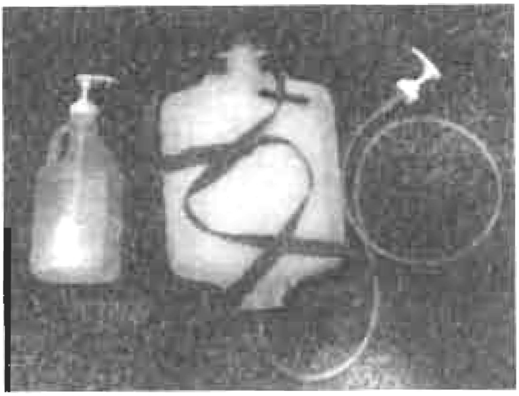


شكل (٣:٦) طريقة شحن وبيع عذارى طفيل الترايكوجراما على شكل كروت ورقية (يمين) أو سائبة (يسار).

أ- الإطلاق على صورة بيض متطفل عليه سائب Loose batch pupae

- الإطلاق بواسطة الرشاشات:

تستطيع عذارى طفيليات الترايكوجراما أن تظل حية لمدة ساعتين على الأكثر إذا تم غمسها فى الماء دون أن تتأثر نسبة خروج الحشرات الكاملة أو حيوية تلك الحشرات. على ذلك فإنه يتم إضافة مادة مثخنة thickner (أى مزيدة للزوجة الماء) للماء وبذا يمكن أن تظل العذارى معلقة. ومع التقليب الخفيف يتم التوزيع الجيد على المحصول المستهدف بالمكافحة. يتم إستخدام رشاشات (شكل ٤:٦) ذات ضغط منخفض حتى لا يؤثر ذلك على حيوية عذارى طفيل الترايكوجراما. يفضل وضع تلك المادة المثخنة بكميات مناسبة لأن إضافة الكثير منها يجعل المعلق كثيفاً ولزجاً، لذا يوصى بإضافة ١,٥مل منها لكل لتر ماء (أو ٣جم بودرة من نفس المادة/لتر ماء) ثم تقلب جيداً. عندئذ يمكن إضافة عذارى الطفيل داخل الرشاشة مع التقليب برفق.



شكل (٤:٦) كفية توزيع عذارى طفيل الترايكوجراما السائبة بواسطة الرشاشة اليدوية الصغيرة ذات الضغط المنخفض.

يجب أن تراعى عدة أمور هامة عند تنفيذ تلك العملية منها-

١- أن يتم تحضير محلول الرش الذى يحتوى على عذارى الطفيل ورشه خلال ساعتين فقط من بداية العملية حتى لا تتأثر العذارى داخل المحلول.

٢- يجب أن تضاف كمية قليلة من المادة المثخنة شيئاً فشيئاً حتى الوصول لأحسن لزوجة لسائل الرش.

٣- يعتمد فى الحسابات على أساس أن الجرام الواحد من عذارى الطفيل يحتوى على ٥٠,٠٠٠ عذراء طفيل ويتم حساب العدد اللازم لمعاملة فدان واحد مثلاً أو أى مساحة أخرى.

٤- يفضل إستخدام عذارى الطفيل ذات أعمار متقدمة والتى لا تنتظر أكثر من ٢٤ ساعة بعد الرش لكى تعطى حشرات كاملة. يرجع ذلك أساساً إلى تقليل مخاطر إفتراس النمل لتلك العذارى قبل خروج الحشرات الكاملة.

٥- لتسهيل هذه الحسابات فى تحديد عمر العذارى وتوقيت خروج الحشرات الكاملة للطفيل، تقوم الشركات ببيع دليل indicator يكون على شكل كارت من عذارى الطفيل والتى يعنى خروجها وجوب توزيع عذارى الطفيل بالحقل مباشرة إذ يعنى ذلك أنه لا يتبقى أكثر من ٢٤ ساعة على خروج الحشرات الكاملة للطفيل. أما إذا كانت الظروف البيئية والجوية غير مواتية (وجود أمطار أو رياح شديدة) لعملية توزيع أو رش الطفيل، فإنه يمكن تخزين تلك العذارى السائبة مع الدليل فى الثلاجة على درجة حرارة من ٣°م - ٨°م لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام.

- الإطلاق بواسطة الموزع الميكانيكى Mechanical doser

يمكن توزيع عذارى الطفيل السائبة بواسطة مضخة ذات ضغط منخفض لتقليل التالف من العذارى (شكل ٦:٥). تشتمل هذه الوحدة على إطار صلب steel frame وتانك ذو سعة ٢٧ لتر وكذلك وحدة لحفظ وتثبيت الموتور والمضخة على الجرار. هذه الوحدة يمكن تركيبها وفكها وصيانتها بسهولة على أن يراعى الآتى:

١- **تقدير الكمية اللازمة من محلول الرش لمساحة معينة:** وهنا يلزم معرفة معدل التطبيق application rate هل هو مثلاً ٢٠٠ مل/دقيقة. كذلك لابد من حساب الكمية اللازمة لمعاملة فدان واحد وهل يمكن توزيع هذة الكمية قبل ساعتين وهى الفترة المسموح بها فقط لبقاء عذارى الطفيل منغمسة داخل السائل دون التأثير على حيويتها. كذلك يجب معرفة سرعة الجرار داخل الحقل ومعدل التطبيق.

٢- **كيفية خلط المادة المثخنة:** يتم ذلك عن طريق إضافة كمية الماء اللازمة للتانك tank (مثلاً ٢٠ لتر)، ثم تضاف هذه المادة بمعدل ١,٥ جم/لتر ماء ثم تقلب جيدا، ثم يتم إختبار اللزوجة حتى نصل إلى الدرجة المطلوبة.

٣- **إضافة الطفيل:** يفضل غربلة عذارى الطفيل لإزالة الشوائب، ويتم حساب كمية الترايكوجراما اللازم إضافتها للمخلوط. يتم إضافة عذارى الطفيل ببطء مع التقليب برفق حتى تمام التجانس فى توزيع العذارى داخل محلول الرش. يراعى عدم تحضير مخلوط يأخذ أكثر من ساعتين عند التطبيق.

شكل (٦:٥) كيفية توزيع عذارى طفليل الترايكوجراما السائبة بواسطة الموزع الميكانيكى Mechanical doser

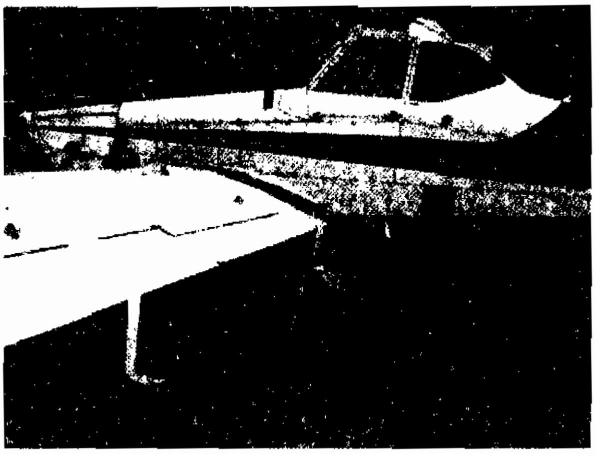
ب- الإطلاق على صورة عذارى ملصقة على كروت

يتم فى هذه الحالة لصق بيض العائل المعملى للتربية المكثفة لطفيل الترايكوجراما على كروت كرتونية محددة الأبعاد بواسطة مادة لاصقة، ثم يعرض هذا البيض لطفيل الترايكوجراما للتطفل عليه. تحفظ تلك الكروت بالمختبر حتى الوصول إلى طور العذراء. يمكن توزيع مثل هذه الكروت فى الحقول لمكافحة آفات معينة بطريقتين هما:-

١- **التوزيع اليدوى manual distribution:** حيث يعتمد على العمال أو القائمين على المزرعة فى توزيع كروت الطفيل على أن يتم تعليقها على النباتات (شكل ٦:٦ ا) أو وضعها داخل مصائد معلقة بجوار النباتات (شكل ٦:٦ ب). تستخدم مثل هذه المصائد لمنع إفتراس النمل والزواحف لعذارى الطفيل. يستخدم التوزيع اليدوى فى المساحات المحدودة، وفى حالة توفر العمالة، ورخص الأجور.

شكل (٦:٦) كيفية توزيع كروت طفليل الترايكوجراما يدوياً

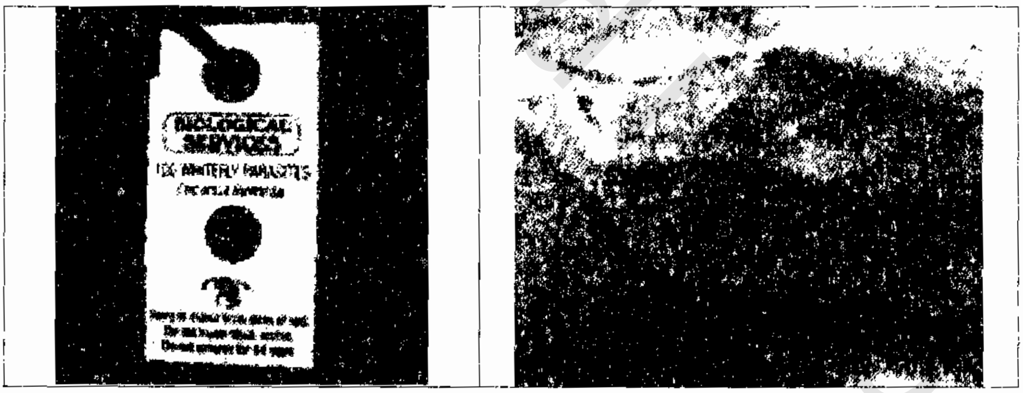
٢- **التوزيع بالطائرات:** يتم توزيع الطفيل فى هذه الطريقة بواسطة طائرات صغيرة لها تانك يوضع به كروت الترايكوجراما. يقوم الطيار بالطيران على إرتفاع منخفض وتوزيع كروت الطفيل فوق النباتات آلياً (شكل ٦:٧). تعتمد دقة التوزيع على سرعة الطائرة وإرتفاع الطيران. غالباً ما تستخدم مثل هذه الطريقة فى المساحات الكبيرة جداً.



شكل (٦:٧) يوضح شكل الطائرات المستخدمة فى نشر وتوزيع كروت طفليل الترايكوجراما

٢- إطلاق طفيليات الذباب الأبيض مثل *Encarsia formosa* و *Eretmocerus californicus*.

يحتاج طفيل *Encarsia formosa* إلى درجة حرارة ٢٣°م، ويكون فى أقصى نشاطه عندما يكون هناك ١٠ ساعات إضاءة باليوم. يمكن البدء فى إطلاق الطفيل عند بداية الزراعة بمعدل فرد/م^{٢} يزداد إلى ٢-١٠ أفراد عند مشاهدة أفراد من الذباب الأبيض بالصوب أو الحقل. يستمر الإطلاق لمدة أسابيع متتالية أو حتى ملاحظة أن ٨٠% من عشائر الذباب الأبيض فى الحقل متطفل عليها. يفضل إطلاق الطفيل على هيئة عذارى متطفل عليها محمولة على جزء من ورقة العائل النباتى المستخدم فى الإكثار الكمى له (شكل ٦:٨ أ) أو فى صورة عذارى ملصقة على كروت ورقية تعلق داخل الصوب (شكل ٦:٨ ب). يفضل أن تعلق الكروت على أحبال تدعيم النباتات بالصوب.



ب ا

شكل (٦:٨) كيفية إطلاق طفيل *Encarsia formosa*

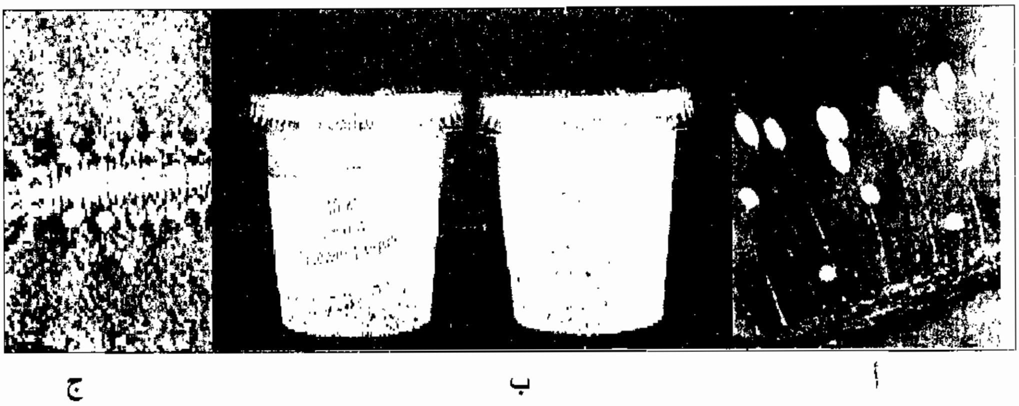
٣ – إطلاق طفيليات المن مثل .*Aphelinus* spp و*Aphidius* spp.

غالباً ما تطلق طفيليات المن فى شكل مومياوات من حشرات المن المتطفل عليها. تكون تلك المومياوات متقدمة فى العمر بحيث تخرج الحشرات الكاملة للطفيل خلال ١–٢ يوم من الإطلاق. يتم الإطلاق بوضع جزء من ورقة العائل النباتى الذى يربى عليه حشرات المن والذى يحمل مومياوات الطفيل على النباتات المصابة بحشرات المن (شكل ٦:٩). كذلك يمكن تعليق تلك الأوراق الحاملة لمومياوات الطفيل على أحبال التدعيم داخل الصوب.

شكل (٦:٩) كيفية إطلاق طفيليات المن.

٤ – إطلاق أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea*

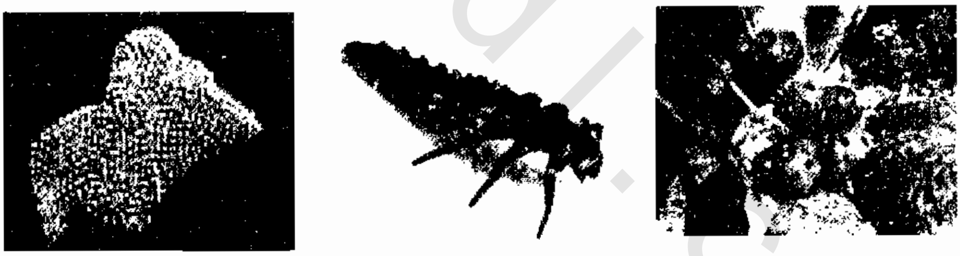
يتم إطلاق أسود المن إما فى صورة كتل البيض (شكل ٦:١٠ أ، ب) الموضوعة على أوراق العائل النباتى أو على قطع قماش سوداء على أن يتم تعليقها على العائل النباتى المستهدف بالمكافحة وبجوار مستعمرات حشرات المن، أو بإطلاق هذه المفترسات على شكل يرقات (شكل ٦:١٠ ج)، بحيث يتم وضع العدد الكافى من اليرقات على النبات وسط مستعمرات المن بواسطة الشخص القائم بعملية الإطلاق، وعلى أن يراعى عدم تزاحم اليرقات على النبات الواحد حتى لا تفترس بعضها.



شكل (٦: ١٠) الأطوار المستخدمة فى إطلاق مفترس أسد المن الأخضر

٥- إطلاق أبو العيدات

مما لا شك فيه أن المفترسات التابعة لعائلة أبو العيدات هى من أكثر المفترسات الحشرية إنتشاراً وإستخداماً فى العالم. يتم إطلاق تلك المفترسات على هيئة كتل بيض أو يرقات أو حشرات كاملة (شكل ٦: ١١) وذلك بناء على درجة الإصابة الحشرية بحشرات المن، أو المتاح من الأطوار أثناء الإطلاق. فى حالة الإصابات العالية، يفضل إطلاق الحشرات الكاملة لأبى العيدات لأنها أكثر حركة وذات كفاءة إفتراسية عالية، علاوة على وضعها البيض الذى سوف يعطى الجيل التالى من المفترسات. كما أنه لا يفضل إطلاق كتل البيض فى حالة الإصابات العالية من المن لضمان سرعة المكافحة ووقف الفورانات التعدادية لحشرات المن بالحقل. يمكن إطلاق كل من اليرقات وكتل البيض لخنافس أبو العيدات فى حالة الكثافات المنخفضة من حشرات المن خاصة داخل الصوب.

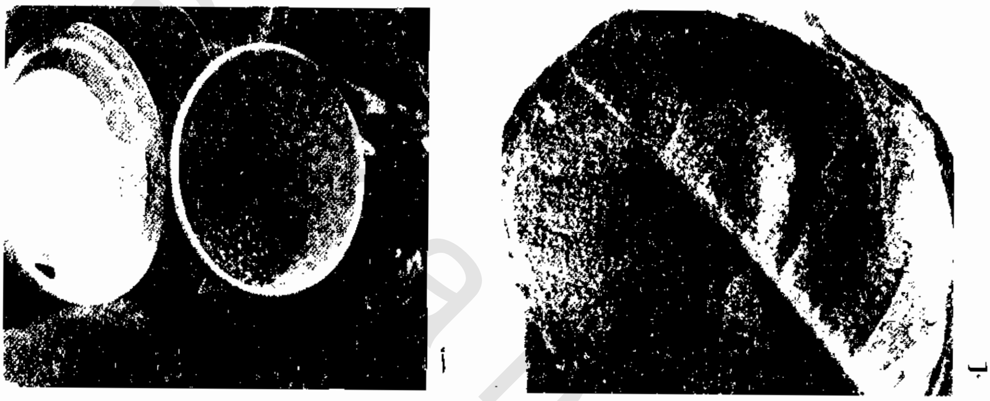


كتل بيض أبو العيدات   يرقات أبو العيدات   حشرات كاملة

شكل (٦: ١١) الأطوار المستخدمة عند إطلاق مفترسات أبو العيدات.

٦- إطلاق المفترسات الأكاروسية

تعتبر الأكاروسات المفترسة ومنها النوع *Phytoseiulus persimilis* من أكثر الأعداء الطبيعية إستخداماً على الإطلاق على مستوى العالم خاصة فى قارة أوربا داخل الصوب لمكافحة العنكبوت الأحمر بزراعات الطماطم، والفلفل، والباذنجان، ونباتات الزينة. يمكن إطلاق تلك المفترسات بطريقتين: الأولى عن طريق خلط الحيوانات الكاملة والأطوار غير الكاملة للمفترس مع الفيرموكليت vermiculite ويتم نشره على أوراق النباتات المصابة على أن توضع كميات إضافية من المفترس فى المناطق شديدة الإصابة بالعنكبوت الأحمر (شكل ٦:١٢ أ). أما الطريقة الثانية، فيتم فيها إطلاق المفترس على هيئة أفراد من المفترس على أوراق العائل النباتى المستخدم فى التربية المعملية على أن توضع تلك الأوراق على النباتات المصابة داخل المكان المستهدف بالمكافحة (شكل ٦:١٢ ب).



شكل (٦:١٢) **كيفية إطلاق المفترسات الأكاروسية** التابعة لعائلة Phytoseiidae.

(٦) تقييم المنتج Product evaluation

يمكن أن يؤثر العديد من العوامل على مستوى مكافحة الآفات عند إطلاق الأعداء الطبيعية. تعتبر الإختبارات الحقلية ضرورية لتحديد مستوى المكافحة الناتجة من قبل نمط معين من إطلاق أحد عناصر المكافحة البيولوجية ضد آفة معينة فى منطقة معينة. تتضمن العوامل التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار فى مثل هذه الإختبارت نوع وسلالة عنصر المكافحة البيولوجية الذى تم إطلاقه، وعدد الإطلاقات، وتسلسل الإطلاقات وإرتباطها بوجود الآفة وأيضاً أسلوب الإطلاق. بالنسبة للأعداء الطبيعية التى لم تخضع لتلك المحاولات، فإنه لا توجد قواعد أو توصيات محددة للمزارعين بخصوص كفاءة عنصر العدو الحيوى. يمكن أن يؤدى نقص هذه المعلومات إلى

توظيف عناصر مكافحة بيولوجية غير مؤثرة. على سبيل المثال، تم إطلاق طفيل *Trichogramma fasciatum* فى جزيرة باربادوس لمكافحة حشرة *Diatraea saccharalis* بإطلاقات سنوية من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٥٨ بإجمالى ٣٠٠ مليون فرد وعند توقف الإطلاقات سنة ١٩٥٨، لم يتغير مستوى الضرر بالآفة مما يدلل على أن إطلاقات الطفيل لم يكن لها دور ملموس فى خفض الضرر بتلك الآفة.

توفر التجارب الحقلية للأعداء الطبيعية، المعلومات الضرورية عن كفاءة نوع معين منها، ومستويات إطلاقه. على سبيل المثال، لا يسمح ببيع عناصر المكافحة البيولوجية فى هولندا إلا بعد التأكد من كفاءتها. ويجب أن يقدم المنتجون نتائج الإختبارات التى تم إجرائها على الأعداء الطبيعية تحت الظروف الحقلية (والتى تمت فى أغلب الأحيان فى حقول المزارعين التجارية) والتى توضح خفض مستوى الضرر بالآفة نتيجة إستخدام عنصر المكافحة البيولوجية وهذا ما تم تسجيله على سبيل المثال فى أنظمة أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. المستخدم فى مكافحة بعض آفات الذرة والتفاح والموالح وقصب السكر وحشرات الغابة. وأيضاً ما تم بالنسبة للطفيل *Encarsia formosa* لمكافحة الذبابة البيضاء فى البيوت الزجاجية، وأيضاً الطفيل *Aphytis melinus* لمكافحة الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii* على الليمون، وأيضاً بالنسبة للطفيل *Edovum puttleri* لمكافحة خنفساء الكلورادو *Leptinotarsa decemlineata* على البطاطس، وأيضاً الأكاروسات المفترسة من عائلة Phytoseiidae لمكافحة العناكب فى مزارع العنب والفراولة.

أدى الإطلاق الموسمى المبكر لطفيل البق الدقيقى *Leptomastix dactylopi* فى الموالح فى أستراليا إلى تكاثر أفراد الطفيل مبكراً فى البساتين مما أزاد من فاعلية التعداد الطبيعى لهذا الطفيل وتسببت الإطلاقات إلى زيادة نسبة التطفل مبكراً وإنخفاض مستويات الإصابة بالآفة إلى أقل من ٥ %.

بصفة عامة، تشمل إختبارات الكفاءة بالنسبة للطفيليات عملية التوطيد فى تجارب الإطلاق وتجارب المقارنة التى لم يتم بها الإطلاق، وتقييم مستويات التطفل إما للعوائل المستهدفة فى الحقل أو للعوائل التى تم نشرها إصطناعياً فى نفس الوقت. تتضمن أيضاً الإجراءات الإضافية المفيدة معرفة مستويات التطفل فى معاملات الإختبار فى العام السابق للإطلاق والعام التالى بعد عملية الإطلاق وذلك لتقييم وتحديد مستويات التطفل الناتجة من تكاثر الطفيل حقلياً.

حينما تتواجد تعدادات طبيعية للنوع النافع الذى تم إطلاقه، فإن الأمر يحتاج إلى طرائق للفصل بين مستويات التطفل التى نتجت عن الطفيليات التى تم إطلاقها وتلك عن العشيرة الحقلية.

أمكن إجراء ذلك بالنسبة لطفيل البيض *Trichogromma dendrolimi* بإستعمال كروت معاملة بالكربون المشع لتمييز الزنابير التى يتم إطلاقها فى الحقل وكذلك النسل الناتج منها. قد تكون الدراسات فى المناطق التى لم يطلق فيها الطفيل من العوامل المساعدة فى تحديد فيما لو أن الطفيل الذى تم إطلاقه تواجد فى المنطقه بشكل طبيعى. أما بالنسبة لتقييم إطلاقات المفترسات فيجب قياس كثافات كل من المفترسات و الفرائس فى معاملات الإطلاق والتى بدون إطلاق أيضاً قبل وبعد عملية الإطلاق.

بالإضافة لقياس مستوى الموت الحقيقى (نسبة التطفل أو أى مقياس مشابه) للعائل، لابد من قياس كثافات الطور الضار من الآفة. فى حالة آفات حرشفية الأجنحة فى الذرة والتى تكافح بواسطة إطلاقات طفيل *Trichogramma* sp. فإنه من المهم ليس فقط تقدير نسبة التطفل لبيض العائل فى مناطق الإطلاق ومناطق غير الإطلاق ولكن أيضاً من المهم قياس كثافات يرقات العائل فى تلك المعاملات. هذه المقاييس مهمة جداً بسبب أنه لو تواجد عامل الموت المرتبط بكثافة العائل density-dependent mortality factor والذى يعمل على طور الآفة الذى يلى طورها الذى تعرض للهجوم من الأعداء الطبيعية التى تم إطلاقها، فإن تأثير الإطلاق يمكن تعويضه جزئياً أو كلياً بسبب نسبة الموت المنخفضة فى الطور التالى. على سبيل المثال يعتقد فى بعض الحالات، أن فشل إطلاق طفيل *Trichogramma* spp. فى خفض كثافات يرقات حفار قصب السكر (وبالتالى هلاك المحصول) يرجع الى وجود عامل الموت المرتبط بكثافة العائل والذى يعمل على اليرقات والذى ينخفض تأثيره فيما لو أن معدلات التطفل العالية على البيض قللت من كثافة اليرقات. وعلى العكس من ذلك فإن إستعمال طفيل *Trichogramma nubilalis* فى التطفل على بيض دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* فى الذرة كان فاعلاً فى خفض تعدادات اليرقات (الطور المهلك للمحصول) طالما أن موت اليرقات لا يعتمد على كثافتها.

يجب أن تتضمن كُل التقييمات تقدير إقتصادى عن تكلفة الأعداء الطبيعية منسوبة إلى المنافع والأرباح الناتجة عن حماية المحصول من الإصابة، وتكلفة جميع صور المكافحة المنافسة، وبذا يمكن تقدير القيمة المالية الكلية للعدو الطبيعى. يعتبر عدد سنوات المكافحة التى يمكن أن تحدث بعد سنة الإطلاق أحد العوامل التى لها تأثير قوى للعائد الإقتصادى الناتج من إستعمال عنصر المكافحة البيولوجية. على سبيل المثال، أدى إطلاق المفترس *Ophyra aenescens* إلى خفض جماهير الذبابة المنزلية *Musca domestica* بكفاءة لمدة تسع سنوات، كما أدت معاملة واحدة للعدو الحيوى *Macrocyclops albidus* فى خفض تعدادات يرقات البعوض *Aedes albopictus* لمدة عام.

هناك عامل آخر ، وهو أن إحلال المكافحة البيولوجية محل المبيدات واسعة المدى يمكن أن يسمح للآفات الصغرى minor pests (والتى كانت أعداداها تنخفض سابقاً بالمبيدات واسعة المدى) فى أن تصبح آفات تحتاج إلى مكافحة ، لذا يجب أن يتضمن حساب تكاليف برامج المكافحة البيولوجية تكاليف مكافحة مثل هذه الآفات أيضاً.

(٧) تنمية التسويق وإستمراريته Market development and continuity

تؤثر عوامل الإدارة والقانون والعمل تأثيراً مباشراً على الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية، من بين ذلك الحاجة لتطوير أسواق للمنتجات الجديدة، والإختيار بين وسائل التربية العامة والخاصة، وبنود ترتبط بالحاجة الموسمية والجغرافية للأعداء الطبيعية المرباة، والقيود القانونية على شحن الأعداء الطبيعية بين البلدان، وتكامل عناصر المكافحة البيولوجية المنتجة كمياً فى نظم إدارة مكافحة الآفات.

من المهم جداً تطوير عملية التسويق للعناصر الجديدة التى تطرح فى الأسواق التجارية وكذلك توفير العنصر المعلن عنه للمزارعين أو الزبائن الآخرين لتبنى إستعماله. يمكن لبعض الشركات الكبيرة أن تبدأ بخطوط إنتاج منتج جديد بالرغم من توقعها عدم تحقيق أرباح لبضع سنوات بينما تلقى تلك المنتجات قبول من الزبائن. أما الشركات الصغيرة عندما تبدأ بخطوط إنتاج منتج جديد يجب أن تكون الخطوط بسيطة حتى يتم تأسيس الإستثمار فى الإنتاج وفى نفس الوقت قد تحتاج إلى إعانات حكومية لتطوير المنتج وبالتالى تطوير الأسواق.

توفر وسائل الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية فى كل من القطاع العام والقطاع الخاص طرائق لتغطى الأعداء الطبيعية مدى واسع من مشاكل الآفات. فى بعض البلدان (على سبيل المثال الصين والهند)، تقوم المعامل الحكومية أو غير الحكومية بإنتاج الأعداء الطبيعية للبيع أو الإستخدام المجاني من قبل المزارعين المحليين. تتضمن النماذج التسويقية الأخرى تعاون معامل التربية مع المزارعين وتوحيد الأعمال لتلبية حاجات مكافحة الحشرات فى الملكيات الزراعية الخاصة.

يؤثر مدى التوفر الموسمى والجغرافى والطلب على الأعداء الطبيعية على تطوير أنظمة التسويق للأعداء الطبيعية والتى من الضرورى أن تكون متوفرة بشكل أساسى موثوق فيه على مدار سنة بعد أخرى لإكتساب ثقة المزارع وتحفيز المزارعين على تبنى الدعاية للأعداء الطبيعية الناجحة حتى يتم إكثارها وتسويقها فى الأسواق الكبيرة بما فيه الكفاية موسمياً وجغرافياً حتى يتحقق الأرباح الموثوق فيها من المبيعات.

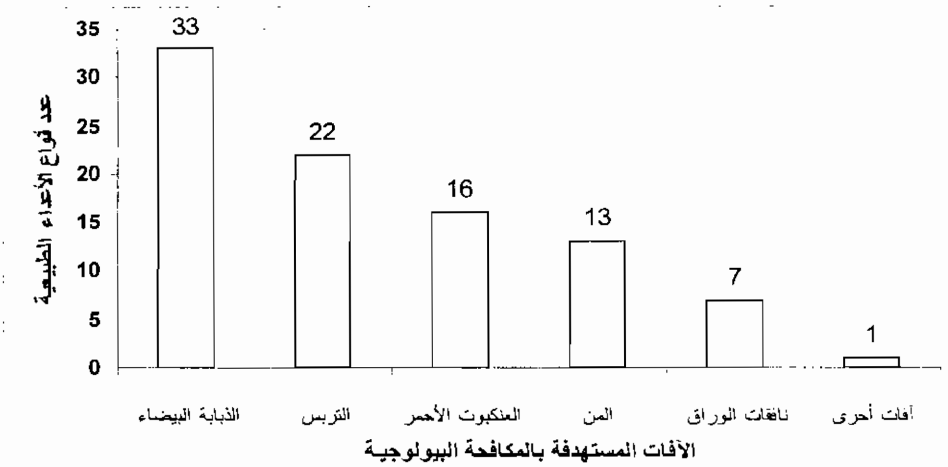
يخضع تحرك الأعداء الطبيعية بين البلدان إلى تراخيص وموافقات بشأن عملية الإستيراد. لذا يجب على المنتجون والموزعون للأعداء الطبيعية أن يحصلوا على التراخيص اللازمة قبل شحن المنتجات الجديدة إلى الزبائن. يجب أن يدون على الشحنة المرسلة بيانات تفيد تعريف محتوى الشحنة بشكل صحيح والتأكيد على خلوها من جميع الملوثات. فى بعض البلدان مثل الولايات المتحدة الأمريكية، لابد من وجود تصاريح تسمح بحركة الكائنات الحية بين الولايات المختلفة.

هناك عامل اضافى يمكن أن يؤثر فى تبنى طرق الإكثار الكمى لعناصر المكافحة البيولوجية وهو الحاجة إلى مكافحة مجموعة complex الآفات فى المحاصيل. يمكن أن تنشأ المشاكل فيما لو كانت الأعداء الطبيعية متاحة لبعض الحشرات فقط دون الأخرى. وهنا يمكن أن يهجر المزارعون المكافحة البيولوجية لأن إستخدام المكافحة الكيماوية لأحد الآفات يمكن أن يقضى على عناصر المكافحة البيولوجية التى أطلقت لمكافحة أنواع أخرى أو يمكن أن تكافح كل مجموعة الآفات المتواجدة. على سبيل المثال، عند إستخدام المكافحة البيولوجية لمكافحة الذباب الأبيض فى الصوب بواسطة الأعداء الطبيعية، فإنه يمكن القضاء عليها بإستخدام المكافحة الكيميائية للتربس على نفس المحصول، وفى ظروف أخرى، فإنه يمكن التوفيق فى إستخدام المكافحة الكيماوية والبيولوجية. على سبيل المثال، ترتبط المكافحة البيولوجية للذباب الأبيض بنجاح مع إستعمال مبيد حيوى مثل بكتيريا *Bacillus thuringiensis* لمكافحة يرقات حرشفية الأجنحة.

(٨) الإستخدام الحالى للأعداء الطبيعية Natural enemies in current use

على الرغم من أن المكافحة البيولوجية عرفت منذ عام ١٩٠٠ فى أوربا، إلا أن الإستخدام الفعلى والمكثف لها بدأ مع إستخدام المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* لمكافحة العنكبوت الأحمر فى الصوب عام ١٩٦٨. تستخدم المكافحة البيولوجية حالياً بنجاح فى عدد من النظم الزراعية مثل حدائق التفاح، والذرة، والعنب، وداخل الصوب حيث غطت أكثر من ١٤٠٠٠ هيكتار فى عام ١٩٩٩م مقارنة بمساحة ٢٠٠ هيكتار فقط عام ١٩٧٠م.

وكما هو موضح فى شكل (١٣:٦)، هناك عدد كبير من الأعداء الطبيعية التى تستخدم فى برامج مكافحة آفات الصوب بيولوجياً، يصل عددها، على سبيل المثال، إلى ٣٣ عدو حيوى ضد الذباب الأبيض و٢٢ نوع ضد التربس، و١٦ نوع ضد العناكب الحمراء، ١٣ نوع لمكافحة المن، و٧ أنواع لمكافحة نافقات الأوراق. يرجع العامل الأساسى لنجاح المكافحة البيولوجية فى أوربا إلى جودة الأعداء الطبيعية المستخدمة فى المكافحة. وفيما يلي نبذة عن الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً بمختلف بلدان العالم.



شكل (١٣:٦) عدد الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً والمستخدمة ضد الآفات الحشرية والأكاروسية فى الصوب فى أوربا (فان لينترن Van Lenteren، ٢٠٠٠).

أولاً- الطفيليات Parasitoids

١- **الطفيل *Aphelinus abdominalis***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرتى المَنْ *Macrosiphum euphorbiae* و *Aulacorthum solani*. ومعدل إنتشار هذا الطفيل ضعيف نوعاً ما، لذا يلزم إطلاقه فى أماكن تواجد حشرات المن. يبلغ معدل الإطلاق ٢-٤ فرد/م^{٢} وهو يستخدم فى أوربا بالتزامن مع المفترس *Aphidoletes aphidomyza*.

٢- **الطفيل *Aphidius colemani***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة من القطن *Aphis gossypii*، ومن الخوخ الأخضر *Myzus persicae*. يبلغ معدل الإطلاق ٠,١٥ فرد/م^{٢} للوقايه أو ١,٥ فرد/م^{٢} فى حالة الإصابات العالية من حشرات المن.

٣- **الطفيل *Aphidius ervi***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة من البطاطس، ويبلغ معدل الإطلاق الموصى به ٠,١٥ -١,٠ فرد/م^{٢}.

٤- **الطفيل *Dacnusa sibirica***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات نافقات الأوراق مثل نافقة أوراق الطماطم *Liriomyza bryoniae*، والنوع *L. trifolii*، ونافقة أوراق الفاصوليا *L. huidobrensis*. يباع هذا الطفيل فى صورة عبوات بكل منها ٢٥٠ فرد. وهذا الطفيل موصى بإستخدامه فى الشتاء فى شمال أوربا.

٥- **الطفيل *Diglyphus isaea***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات نافقات الأوراق. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به لهذا الطفيل ٠,٢٥ فرد /م^{٢} بغرض منع الإصابة، أو ٠,٢ فرد/م^{٢} فى حالة الإصابات العالية من نافقات الأوراق.

٦- **الطفيل *Encarsia formosa***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum*، وذبابة القطن البيضاء *Bemisia tabaci*، وذبابة الأوراق الفضية *Bemisia argentifolii*. يعتبر هذا النوع من أكثر أنواع الطفيليات إستخداماً ونجاحاً فى مجال المكافحة البيولوجية على الرغم من دخوله لقارة أوربا عرضياً مصاحباً لعائله ذبابة الصوب البيضاء. تم إكتشافه وتعريفة عام ١٩٢٦. ومنذ عام ١٩٣٠. أصبح هذا الطفيل يعتمد عليه فى أوربا لمكافحة الذباب الأبيض خاصة فى الصوب. مع الإستخدام المكثف للمبيدات الحشرية بعد الحرب العالمية الثانية، تراجع إستخدام هذا الطفيل بصورة كبيرة. حالياً، يعتبر هذا الطفيل هو الأكثر إستخداماً فى الزراعات المحمية ويبلغ متوسط التعداد السنوى للإنتاج لهذا الطفيل نصف بليون فرد كل عام. ويباع هذا الطفيل فى عبوات بكل منها ١٠٠٠ فرد فى العبوة فى صورة حوريات الذباب الأبيض المتطفل عليها سواء كانت على جزء من أوراق النبات أو ملصقة على كروت ورقية. يبلغ معدل الإطلاق ١ فرد/م^{٢} كل ١-٢ أسبوع وذلك بغرض منع الإصابة، أما فى حالة الإصابات العالية من الذباب الأبيض، فيتم الإطلاق بمعدل ٩ فرد/م^{٢} لمدة خمسة إطلاقات بين كل إطلاقة والأخرى أسبوع. وهذا الطفيل أكثر إستخداماً فى أوربا مقارنة بالولايات المتحدة نظراً لتزايد مساحات الصوب بأوربا.

٧- **الطفيل *Eretmocerus californicus***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة الذباب الأبيض من الجنس *Bemisia* spp.. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو ١,٥ فرد/م^{٢} كل ١-٢ أسبوع لمنع الإصابة، أو ٩ فرد/ م^{٢} ثلاث مرات بين كل مرة وأخرى أسبوع فى الإصابات العالية من الذبابة البيضاء. وتعتبر الطفيليات التابعة لجنس *Eretmocerus* هى الأكثر مبيعاً فى دول حوض البحر الأبيض المتوسط مقارنة بطفيل *E. formosa*، ويرجع ذلك لنشاط هذه الأنواع فى المناطق المعتدلة وشبه الحارة علاوة على الكفاءة البحثية العالية لها. ويعتمد على النوعين *Eretmocerus eremicus* و *E. californicus* فى مكافحة الذبابة البيضاء *B. tabaci* فى أمريكا.

٨- **الطفيل *Leptomastida abnormis***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة البق الدقيقى.

٩- **الطفيل** *Leptomastix dactylopii*: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة بق الموالح الدقيقى *Planococcus citri*. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو فرد واحد/م^{٢} فى الإصابات الخفيفة ولمنع الإصابة، أو بمعدل ٢ فرد / م^{٢} فى الإصابات العالية من البق الدقيقى ويعاد الإطلاق كل أسبوعين.

١٠- **الطفيل** *Leptomastix epona*: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة بق الموالح الدقيقى *P. citri*.

١١- **طفيليات الترايكوجراما** *Trichogramma* **spp.**: تستخدم هذه الطفيليات لمكافحة الكثير من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة. وهى طفيليات بيضة تباع على شكل عذراء داخل بيض العائل المتطفل عليه. قد تكون تلك العذارى ملصقة على كروت كرتونية أو سائبة. يتم حساب سعر هذا الطفيل إما على أساس سعر العذراء الواحدة (فى حالة الإطلاق بالصوب) أو على أساس المساحة المعاملة بالطفيل (فى الذرة). معدل الإطلاق الموصى به يتراوح بين ٥ أفرد/م^{٢} بغرض منع الإصابة أو بمعدل ٥٠ فرد/م^{٢} فى الإصابات العالية. فى الصوب، يتم الإطلاق أسبوعياً، أما فى الذرة ومع وجود جيل واحد لحفار ساق الذرة الأوربى *Ostrinia nubilalis* فى شمال أوربا، فإنه يتم الإطلاق لمرة واحدة يستخدم فيها عذارى متدرجة الأعمار حتى تخرج فى صورة موجات متعاقبة طوال فترة تواجد بيض هذه الآفة والتى قد تصل إلى أسبوعين. يستخدم هذا الطفيل بتوسع فى أمريكا أكثر منه فى أوربا التى يستخدم فيها الترايكوجراما فى مساحات تبلغ ١٠٠٠٠ هيكتار فقط لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربى فى الذرة. وفى مصر، يتم إطلاق هذا الطفيل ضد ثاقبات الذرة وضد دودة البلح العامرى.

هناك ملاحظتان هامتان عند تناول الطفيليات الحشرية وهما:

أ- تستخدم الطفيليات الحشرية بتوسع شديد ضد آفات من رتبة ثنائية الأجنحة فى أوربا مقارنة بأمريكا، ويرجع ذلك إلى كبر حجم صناعة الدواجن بأوربا وبالتالى زيادة إنتشار أنواع الذباب والحاجة الملحة لمكافحتها.

ب- تستخدم معظم الطفيليات الحشرية فى أوربا فى الصوب، أما فى الولايات المتحدة فتستخدم فى الحقول المفتوحة open fields.

ثانياً- المفترسات الحشرية Predatory insects

١- **أسود المن Chrysopids**: هناك نوعان من أسود المن يتم إنتاجهما تجارياً وهما أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea* و النوع *C. rufilibris* وذلك لمكافحة حشرات المن. المعدل

الموصى به للإطلاق هو ١٠ بيضه/م٢ فى الإصابات الخفيفة و ٢٠ بيضة /م٢ فى الإصابات العالية جداً.

ويستخدم أسد المن الأخضر *C. carnea* فى أمريكا أكثر منه فى أوربا وربما يرجع ذلك إلى سعره العالى وكذلك كفاءته فقط فى وجود الكثافات العالية من المن إضافة إلى ميل الحشرات إلى الهجرة، كل ذلك أدى إلى عدم التوسع فى إستخدامه داخل الصوب فى أوربا. فى مصر، يتم حالياً التوسع فى إستخدام هذا المفترس ضد حشرات المن داخل صوب الفلفل خاصة فى تلك التى يتم تصدير إنتاجها للأسواق الأوربية.

٢- **أبو العيدات Lady beetles**: هناك العديد من أنواع أبو العيدات التى تستخدم تجارياً فعلى سبيل المثال، يستخدم النوع *Hippodamia convergens* لمكافحة حشرات المن. يتم جمع الحشرات الكاملة لهذا النوع فى الولايات المتحدة لإستخدامه تجارياً، وهذا النوع لا يتم إنتاجه فى أوربا. يبلغ معدل الإطلاق لهذا النوع ٢٥ حشرة/م٢، أو ٥٠ حشرة/م٢. أما المفترس الآخر الذى يستخدم على نطاق واسع وهو *Harmonia axyridis* (هذا النوع ذو منشأ أسيوى وموصى به ضد حشرات المن وله قدرة إنتشار عالية) فإنه يباع تجارياً فى أوربا. وفى مصر، فإن كل من أبو العيد ذو الإحدى عشر نقطة *Coccinella undicempunctata* وأبو العيد ذو السبع نقاط *C. septumpunctata* يباعان فى شركات وأماكن بحثية محدودة للإستخدام ضد حشرات المن خاصة داخل الصوب.

٣- **خنفساء الكريبتوليمس *Cryptoluemus montrouzieri***: يستخدم هذا النوع لمكافحة البق الدقيقى. يفترس كل من الطور اليرقى والحشرة الكاملة لهذا المفترس كل أطوار البق الدقيقى ويستخدم بنجاح لمكافحة الكثافات العالية من البق الدقيقى فى أوربا. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو حشرتين /م٢ على أن يتم الإطلاق مرتين بين كل مرة والأخرى أسبوعين أو ١٠ أفراد /م٢ عند الإطلاق لمرة واحدة وسط الإصابات العالية للبق الدقيقى. وهذا النوع قليل الإستخدام فى أمريكا مقارنة بقارة أوربا. كما أنه فشل فى التوطد فى البيئه المصرية نظراً لبطء حركة اليرقات وإفتراس النمل لها.

٤- **خنفساء الديلفاستس *Delphastus pusillus***: يستخدم هذا النوع بنجاح لمكافحة الذباب الأبيض مثل ذبابة الصوب البيضاء وذبابة القطن البيضاء. ينتشر إستخدام هذا المفترس فى معظم برامج المكافحة المتكاملة للذبابة البيضاء وذلك نظراً لتحملة، إلى حد ما، للمبيدات الحشرية وبالتالى فهناك رواج وتوسع فى إستعماله.

٥- **مفترس الأفيدوليتس** ***Aphidoletes aphidomyza***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات المن. الحشرة الكاملة لهذا المفترس تنشط ليلاً وتستخدم الندوة العسلية ككيرومون للإستدلال على أماكن تواجد حشرات المن لتضع عندئذ بيضها بالقرب من مستعمرات المن. تقوم يرقات هذا المفترس بشل حشرات المن وإمتصاص عصارته حتى الجفاف والموت. يتم شحن هذا المفترس فى عبوات بها مادة الفيرموكليت vermiculite. يتم الإطلاق بمعدل من ٢ -١٠ عذراء/م^{٢} حسب درجة الإصابة وخطورتها.

٦- **مفترس** ***Macrolophus caliginosus***: يستخدم هذا النوع لمكافحة الذباب الأبيض مثل ذبابة الصوب البيضاء وذبابة القطن البيضاء. يقوم هذا المفترس بثقب الفريسة بواسطة أجزاء فمه الثاقبة الماصة ويمتص سوائل الجسم. يتغذى هذا النوع على كل أطوار الذباب الأبيض ولكنه يفضل البيض واليرقات. تتغذى الحشرات الكاملة للمفترس على ٣٠-٤٠ بيضه/اليوم. يباع هذا المفترس على هيئة حشرات كاملة موجودة فى عبوة بها مادة الفيرموكليت. يوصى بإطلاق هذا النوع بمعدل قدرة ٠,٥ فرد/م^{٢} أو ٥ أفراد/م^{٢} على أن يتم الإطلاق مرتين بين كل مرة وأخرى أسبوعين.

٧- **بق الأزهار (الأوريوس)** ***Orius* spp.**: تستخدم هذه المفترسات لمكافحة تربس البصل *Thrips tabaci*، وتربس الزهور الغربى *Frankliniella occidentalis*. تهاجم الحوريات والحشرات الكاملة لهذه المفترسات طورى اليرقة والحشرات الكاملة للتربس. تستطيع الحشرة الكاملة لمفترسات الأوريوس أن تتغذى على ٥-٢٠ حشرة تربس/اليوم. هناك ثلاثة أنواع تباع تجارياً فى السوق وهى النوع *Orius insidiotus*، والنوع *O. laevigatus* والنوع *O. majusculus*. يتراوح معدل الإطلاق الموصى به بين حشرة واحدة/م^{٢} إلى ١٠ حشرات/م^{٢} معتمداً على مستوى الإصابة حيث يمكن أن يطلق هذا المفترس وقائياً أو فى الكثافات المنخفضة جداً من الفرائس إعتماداً على قدرته على التغذية النباتية حتى ظهور الفرائس. تستخدم هذه المفترسات بتوسع كبير فى أوربا لمكافحة حشرات التربس والعنكبوت الأحمر داخل الصوب مقارنة بإستخدام محدود لها بالولايات المتحدة الأمريكية.

ثالثاً- المفترسات الأكاروسية Predatory mites

١- **مفترس** ***Amblyseius cucumeris***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *Frankliniella occidentalis* وتربس البصل *Thrips tabaci*. النوع الأول هو أكثر أنواع التربس أهمية

بالصوب فى كل أنحاء أوربا خاصة على الخضروات، ونباتات الزينة. يدخل هذا النوع فى سكون بنسبة ١٠٠% عندما تكون درجة حرارة الليل ١٢°م.

٢- **مفترس *Amblyseius bakeri***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *F. occidentalis* وكذلك العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* بالصوب فى أوربا. لا يتأثر هذا المفترس بدرجة حرارة الليل ولا تؤثر على سكونه.

٣- **مفترس *Amblyseius degenerans***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *F. occidentalis* والعنكبوت الأحمر *T. urticae*. يمكن أن يعيش هذا المفترس بالتغذية على حبوب اللقاح وبذلك يمكن إطلاقه وقائياً فى المحاصيل الحاملة لحبوب اللقاح pollen-bearing crops.

٤- **مفترس *Amblyseius californicus***: يباع هذا النوع لمكافحة العنكبوت الأحمر *T. urticae*.

٥- **النوع *Phytoseiulus persimilis***: وهو أكثر الأعداء الطبيعية إستخداماً على الإطلاق على مستوى العالم. يباع هذا النوع من خلال ٩ شركات فى أوربا وهو ما يتعدى إنتاج وبيع الطفيل *Encarsia formosa*، وهو أكثر المفترسات الأكاروسية شهرة وإستخداماً ونجاحاً على مستوى العالم. يستخدم هذا النوع كمفترس للعنكبوت الأحمر *T. urticae* والنوع *T. cinnabrinus*. يخلط هذا المفترس مع الفيرموكليت ويتم نشره على أوراق النباتات المصابة على أن توضع كميات إضافية من المفترس فى المناطق شديدة الإصابة بالعنكبوت الأحمر. وللوصول لأحسن نمو ونشاط لهذا المفترس يجب أن تكون الرطوبة النسبية عند ٧٥% والحرارة أعلى من ٢٠°م. يتم شحن هذا المفترس فى عبوات بكل منها ١٠٠٠ أو ٢٠٠٠ فرد.

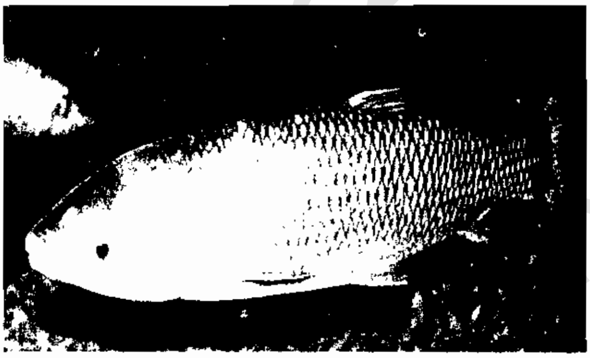
رابعاً- النيماتودا المتطفلة على الحشرات Entomopathogenic nematodes

نظراً لما تتمتع به النيماتودا المتطفلة على الحشرات من عائلتى Stenernematidae وHeteorrhabditidae من آمان للكائنات غير المستهدفة وسهولة الإنتاج، فقد أصبحت هذه النيماتودا من العناصر الفاعلة فى برامج مكافحة الآفات خاصة التى تسكن التربة. تقتل هذه النيماتودا عائلها عن طريق معاشر دقيق endosymbionte بكتيرى يعيش فى قناتها الهضمية. تتضاعف هذه البكتريا بسرعة داخل دم العائل الحشرى وتقتله خلال ٤٨ ساعة فقط حيث تحول هذه البكتريا أنسجة العائل إلى مواد تستخدم بواسطة النيماتودا. يحدث تضاعف للنيماتودا داخل جسم العائل وبوصول النيماتودا للطور المعدى Juvenile stage، فإنها تترك العائل القديم وتبدأ فى

البحث عن يرقة عائل جديد. ويعتبر النوع *Steinernema feltiae* من الأنواع التى حققت نجاحاً ملحوظاً فى مكافحة الآفات. يتم إكثار هذا النوع وبيعه تجارياً بسعر تجارى ٠,٩١ دولار/مليون يرقة نيماتودا. يستخدم هذا النوع ضد يرقات الجعاليات، كما أنه أيضاً يستخدم ضد يرقات الذباب والذباب الأبيض. أما النوع *Heterorhabditis megidis* فإنه متاح تجارياً ويستخدم ضد نفس الآفات السابقة.

(٩) الأمان Safety

حتى الآن لم يكن هناك حالات موثقة تثبت ضرر وخطورة تسويق وإطلاق الأنواع النافعة من مفصليات الأرجل (طفيليات، مفترسات، آكلات الحشائش) من أجل إكثارها الكمى بغرض الإستخدام فى برامج المكافحة البيولوجية. تعتبر هذه الكائنات آمنة جداً على صحة الإنسان بالمقارنة بإستخدام المبيدات الحشرية، وبالتالى يمكن التوسع فى إستخدامها فى البيئات المغلقة مثل البيوت الزجاجية لما تتميز به من عدم التأثير الضار على صحة العمال بالمقارنة عند تعرضهم للمبيدات الحشرية. يتضمن الإستخدام الموسع للفقاريات بشكل رئيسى إطلاق الأسماك لمكافحة الحشائش والبعوض، قد يكون لتلك الإستعمالات تأثيرات غير مرغوبة على الأنواع غير المستهدفة أو على البيئة فى بعض الحالات. على سبيل المثال يمكن أن يؤدي إستخدام سمكة الحشائش *Ctenopharyngodon idella* (شكل ١٤:٦) لخفض نمو الأعشاب الخضرية المائية (لتقليل مواطن البعوض) تؤدي إلى زيادة المغذيات nutrients وزيادة كثافة الطحالب وتقليل صفاء وشفافية الماء. قد يكون أو لا يكون القصد من مثل هذه الإطلاقات أن تؤدي إلى إستقرار دائم للأسماك التى تم إطلاقها فى البيئة المستهدفة، ولذا يمكن إعتبارها إما مكافحة بيولوجية من خلال الإكثار الكمى أو مكافحة من خلال الإستيراد.



شكل (١٤:٦) سمكة الحشائش التى تستخدم فى مجال مكافحة الحشائش داخل المسطحات المائية فى برامج مكافحة البعوض.

أ- قضايا الأمان Safety issues

هناك العديد من قضايا الأمان مرتبطة بالتوسع فى تطبيق المكافحة البيولوجية. يساعد تفهم مثل هذه القضايا على ضمان بقاء، وإنتاج، وإستعمال مفصليات الأرجل النافعة (طفيليات، ومفترسات، وعناصر مكافحة الحشائش)، والفقاريات بأمان تام. من بين هذه المشاكل ظهور حساسية لدى العمال عند التعامل مع مفصليات الأرجل من الأعداء الطبيعية عند تربيتها وتوطينها الدائم بعد إطلاقها، ومشاكل الإزعاج الناتج من إطلاق الكائنات، والضرر الواقع على النباتات الإقتصادية واللافقاريات وغيرها من الكائنات الأخرى، والضرر الواقع على أنواع النباتات غير الإقتصادية المحلية.

ب- الحساسية Allergies

من أهم وسائل تربية العدو الطبيعى ضرورة توفر الأيدى العاملة، وكميات كبيرة من العوائل أو الفرائس الحشرية أو بعض الكائنات الحية الأخرى مما يلوث الجو فى المعمل بواسطة الحراشيف والشعيرات ... إلخ والتى يمكن أن تستنشق من قبل العمال. قد يتسبب تكرار عملية الإستنشاق لمثل هذه المواد إصابة العمال بحساسية والتى من أعراضها الطفح الجلدى وحساسية الصدر الذى يصيب رئة العمال. يمكن تفادى تلك المشاكل بإستخدام فلاتر وشفاطات لتنقية الهواء وسحب تلك الأجزاء خارج هواء المعمل وتجديد الهواء ولذا يجب إستخدام ملابس واقية تحمى جلد العمال من التلامس مثل استخدام القبعات والملابس ذات الأكمام الطويلة وإستخدام أقنعة على الوجه للوقاية من الإستنشاق. على سبيل المثال كانت هناك إشارات عن مشاكل تنفسية وحساسية مَعِدية مصاحبة لوجود بعض الخمائر yeats فى محافظ عوائل الطفيل *Nasonia vitripennis* وكذلك الطفيل *Muscidifurax* sp. للقائم بالتربية. وبسبب مثل تلك المشاكل التى قد تحدث عند تربية الأعداء الطبيعية معملياً، فإنه يجب أن يكون هناك إهتمام بالنظافة والتعقيم والصحة العامة فى برامج التربية المكثفة المعملية. أيضاً هناك دلائل على حدوث مشاكل تنفسية للعمال عند إستنشاقهم لحراشيف العوائل الحشرية المستخدمة فى الإنتاج المكثف للأعداء الطبيعية مثل حراشيف فراشة الدقيق وفراشة الحبوب المستخدمة فى الإنتاج المكثف لطفيليات جنس *Trichogramma* spp. فى معظم مراكز إنتاج تلك الأنواع فى العالم. علاوة على ما سبق، يمكن أن تسبب بعض الملوثات الميكروبية مشكلة للشخص القائم بالتربية المعملية عن طريق قدرتها المرضية وإحداثها للحساسية.

جـ- التوطيد Establishment

بسبب إطلاق الأعداء الطبيعية بحرية في البيئة، من خلال البرامج الموسعة للمكافحة البيولوجية لمكافحة الآفات، فمن المتوقع أن يحدث توطيد لمثل هذه الكائنات فى دول الإطلاق. على سبيل المثال أصبح فرس النبى الأوربى *Mantis religiosa* متوطناً بعد بيع أكياس بيضه. وبنفس الطريقة المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* الذي تم إطلاقه فى حقول محاصيل الفراولة أصبح متوطناً فى ولاية كاليفورنيا. قد يكون أو لا يكون توطين نوع ما موضع إهتمام، لكن قبل السماح للبيع الروتينى وبالتالى إطلاق الكائن الحى فى منطقة ليس متوطن فيها، فلابد أن تؤخذ التبعات المحتملة للتوطيد بنظر الإعتبار. فعلى سبيل المثال، بيع الأنواع غير المتوطنة من أسد المن فى معظم المواقع قد لا يكون موضع إهتمام ولكن قد يكون غير مرغوب فيه فى مناطق معينة بها أنواع من أسد المن محدودة فى توزيعها وغير معروف قدرتها على المنافسة، وهذا ما حدث في جزر هاواي. على النقيض من ذلك، فإن بيع مستعمرات من أنواع من النمل غير المتوطن لمكافحة الآفات من المحتمل أن يعرض بعض الأنواع من اللافقاريات المحلية للخطر فى كثير من المناطق خصوصاً إذا كان هذا النوع من النمل مفترس واسع المدى الفرائسى وشرس ومنافس عنيد، الأمر الذى يزيد من كثافاته العددية بشكل كبير.

د- مشاكل الإزعاج Nuisance problems

معظم الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً غير مؤذية بطبيعتها، وهذا مهم لأن الكائنات الحية التى يتم إطلاقها يجب أن لا تقرض أو تلسع أو تلوث الغذاء أو تحدث حساسية. على سبيل المثال، يكون للزنابير الحمراء فرصة ضعيفة للبيع كعنصر للمكافحة البيولوجية لما تسببه من لسع للأفراد. أما عن التلوث فيعتمد على قوانين كل دولة. فعلى سبيل المثال، يمنع بيع عناصر المكافحة البيولوجية لإستخدامها فى مكافحة آفات المخازن أو فى الصوامع فى الولايات المتحدة وذلك نظراً لأن أجزاء تلك الحشرات تعتبر ملوثات للغذاء.

هـ- الأنواع الاقتصادية Economic species

من غير المحتمل أن تهاجم الأعداء الطبيعية التى يتم إطلاقها أنواع مهمة إقتصادياً أو غير مستهدفة. ولكن قد يحدث هذا فى ظروف خاصة. فعلى سبيل المثال تكون أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. قادرة على مهاجمة بيض دودة الحرير وفى هذه الحالة تكون غير مرغوب فيها فى مناطق إنتاج الحرير. وبنفس الشيء فإن إنتاج وبيع أبى دقيقات من عائلة Papilionidae

فى غينيا يمكن أن يعانى من إطلاق بعض أنواع من الطفيليات. وبالنسبة للإطلاق الكمى للحشرات العاشبة التى تستخدم فى مكافحة الحشائش فبالرغم من محدودية إستعمالها، لكن يجب مع التوسع فيها فى المستقبل من عمل غربلة مسبقة للعناصر التى يتم إطلاقها لتحديد قدرتها على التغذية على الأنواع النباتية المحلية قبل عرضها للتسويق.

ز- آليات ضمان الأمان Mechanisms to ensure safety

يمكن تحجيم الأضرار التى تحدث لصحة العمال عند التعامل مع وسائل التربية للأعداء الطبيعية عن طريق تطبيق قواعد وقوانين الأمان فى موقع العمل، منها معايير التهوية لضمان عدم تلوث الهواء بما يحمله من أجزاء الكائنات الحية بحيث تكون تحت مستويات الضرر المحتمل، وإقناع العمال بإستخدام الأقنعة الواقية من تلوث الهواء. يمكن أن نتجنب بعض المشاكل الناتجة من الإطلاقات الكمية للأعداء الطبيعية غير المتوطنة عن طريق مراجعة الضوابط والقوانين الحكومية لتقييم الأمان عند الترخيص ببيع العدو الطبيعى بتطبيق شروط الأمان وتجديد الترخيص فى حالة الإستمرار فى بيع العدو الطبيعى، وأن يكون متوافق مع المصلحة العامة، وأن يكون هناك مفتشون يتأكدون من تطبيق تلك القوانين عن طريق الحجر الصحى والزراعى لحماية الكائنات والنباتات النافعة.

و- اللافقاريات غير المستهدفة Non-target ivertebrates

لم تُظهر الإطلاقات الكمية للطفيليات والمفترسات اللافقارية ضرراً لتعدادات الأنواع اللافقارية غير المستهدفة. إلا أن إطلاق طفيليات جنس *Trichogramma* تؤثر على مزارع تربية أبى دقيقات عائلة Papilionidae كما سبق ذكره، كما يؤثر أيضاً على كثافات التعدادات البرية (الطبيعية) لتلك الأنواع.

ثالثاً: الحفاظ على الأعداء الحيوية Natural Enemy Conservation

تتكون نظم المحاصيل الزراعية من نماذج pattern المحاصيل وسلسلة من العمليات الزراعية العادية يحددان الظروف التى بها تستطيع الأعداء الطبيعية مقابلة عوائلها وسط هذه النظم. تتداخل مثل هذه العلاقات مع بيولوجيات وإحتياجات الأعداء الطبيعية بطرق عديدة، ويظل الهدف من الحفاظ على الأعداء الطبيعية، كوسيلة من وسائل المكافحة البيولوجية، هو تحسين هذه الظروف لحياتها وتكاثرها مقارنة بالآفات، ولدرجة ينخفض فيها معدل نمو تعدادات الآفة ويقل مع الوقت كثافتها. ولكى يصبح الحفاظ على الأعداء الطبيعية وسيلة فاعلة فى مجال المكافحة

البيولوجية لابد من تواجدها بأعداد مناسبة. غالباً ما تكون هذه الأعداء الطبيعية المحلية ذات تأثير فاعل لعديد من الآفات المتوطنة native فى بيئة ما، لكن تتواجد تلك الفاعلية بدرجة أقل فيما لو أن الآفة نوع دخيل adventive pest من بيئة ما، وفى مثل هذه الحالات لابد أن يستورد أولاً أنواع جديدة من هذه الأعداء الطبيعية ثم تستخدم الطرق المختلفة للحفاظ عليها. ولمكافحة الآفات لابد أن تتواجد أعداؤها الطبيعية فى الوقت المناسب وبالعدد الكافى وتهاجم الآفة المستهدفة. يتطلب هذا الكثير عن معرفة كيفية تحقيق ذلك من خلال العمليات الزراعية الممكنة. يمكن تجميع العمليات الزراعية المؤثرة على الأعداء الطبيعية فى أربع نقاط هى:-

أ- إستخدام المبيدات الزراعية.

ب- إدارة التربة management والمياه وبقايا المحاصيل.

ج- نظم المحاصيل الزراعية crop patterns.

د- التعامل manipulation مع النموات الخضرية الأخرى vegetation المتواجدة مع المحصول أو المجاورة له.

(أ) إستخدام المبيدات الزراعية:-

تؤثر المبيدات الزراعية على فاعلية الأعداء الطبيعية إما بطريقة مباشرة مسببة موتها، أو بطريقة غير مباشرة من خلال التأثيرعلى سلوكها وسروحها أو حركتها، ومعدل تكاثرها مقارنة بالآفة، أو عن طريق إحداث حالة من عدم التوازن بين تعدادها وتعداد الآفة.

١- التأثير المميت للمبيد:

يكون لعديد من مستحضرات المبيدات تأثيراً ساماً ومباشراً بدرجة أو بأخرى على بعض مجاميع الأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، غالباً ما تكون المبيدات الحشرية والأكاروسية مهلكة لمعظم الطفيليات والمفترسات، بينما تكون المبيدات الفطرية أقل تاثيراً بصفة عامة على هذه الكائنات لكن ربما تؤثر على الفطريات الممرضة للآفات. هذا وتغير بشدة الكيميائيات الزراعية مثل معقمات التربة من مجتمعات التربة الفطرية والميكروبية واللافقارية مؤثرة على فاعلية تلك الأنواع على الممرضات النباتية. وهناك من المواد الكيميائية الأخرى التى تكون سامة خارج نطاق الهدف من إستعمالها، فالمواد الطاردة للطيور مثلا يمكن أن تعمل كمبيد حشرى، وكذا المبيدات الفطرية يمكن أن تقتل مفصليات الأرجل (الكبريت مثلاً مهلك لأكاروسات عائلة Phytoseiidae) أو قد تؤثر على حركتها أو تكاثرها (المبيدات الفطرية من مجموعة

dithiocarbamate تقلل من معدل تكاثر الأكاروسات من عائلة Phytoseiidae)، وكذا مبيدات الحشائش التى يمكن أن تقتل النيماتودا النافعة المستعملة فى مكافحة الحشرات. لذلك فمن المهم أن نفترض أن أى مبيد للآفة مهما كان نوعه يؤثر على الأعداء الطبيعية إلى أن تصبح البيانات كافية، من خلال التجارب، بأن ليس له تأثير. وحتى المواد التى يعتقد أن ليس لها تأثير سام مثل الصابون البوتاسي والزيوت والتى تكون آمنة للإنسان يمكن أن تكون ضارة للأعداء الحيوية. فعلى سبيل المثال عندما تستعمل الزيوت ضد أنواع الحشرات القشرية فإنها تقلل من معدل خروج طفيليات هذه العوائل كما أنها تقتل هذه العوائل.

تعتمد درجة تأثير مبيد معين على تعداد أى عدو طبيعى على كل من العوامل الطبيعية والبيئية. تشتمل العوامل الطبيعية على السمية النسبية للمركب الكيميائى على الآفة والأعداء الحيوية إذ من المعروف أن هذه المواد تتفاوت بدرجة كبيرة فى درجة سميتها لهذه الكائنات. هناك عدد قليل من المبيدات الحشرية والأكاروسية المعروف عنها أنها ذات تأثير كبير على الآفة وبدرجة أقل نسبياً، من الناحية الفسيولوجية، على بعض الأعداء الحيوية من مفصليات الأرجل. هذا وتتفاوت السمية أيضاً مع أنواع الأعداء الحيوية.

أما العوامل البيئية فترجع إلى وسائل إستعمال المبيد التى تحدد درجة التلامس التى تحدث فعلاً بين المبيد والعدو الحيوى. تتأثر درجة التلامس بالمستحضر formulation وتركيزه ودرجة ثباته أو بقائه فى الوسط persistence (حيث يتأثر ذلك بالعوامل غير الحيوية مثل الحرارة والأمطار)، وكذا طريقة فعل المادة الكيميائية mode of action (بالتلامس أو الإبتلاع)، وطريقة توزيع المبيد على العائل النباتى، وكذا توقيت المعاملة.

٢- التأثيرات الأخرى للمبيد:-

إضافة إلى المعاناة من الموت، فإن الأعداء الطبيعية يمكن أن تصبح أقل فاعلية بعد إستعمال المبيد بسبب التأثيرات الأخرى للمبيدات عليها أو على العائل. فالتعرض للجرعات تحت المميتة sublethal dose للمبيدات يمكن أن تقصر من عمر الأعداء الحيوية، وتقلل من معدلات نموها وكفاءتها البحثية، وتقلل من معدلات إنتاجها إما بصورة قاطعة أو منسوبة إلى العائل، أو تغير من النسب الجنسية للنسل الناتج. على المستوى التعدادى، فإن المبيد المستعمل يمكن أن يقلل من تأثير العدو الحيوى بتغيير كثافة العائل أو شكل توزيعه أو التركيب العمرى للعشيرة. يمكن تتبع بعض التأثيرات غير المباشرة مثل قصر عمر العدو الطبيعى أو إنخفاض قدرته البحثية على الأسطح المعاملة بالمبيد أو التاثير الطارد له، أو العقم من خلال التجارب المعملية. فعلى سبيل

المثال لوحظ أن المبيد الفطرى benomyl، ذو التأثير المباشر الضعيف أو المنعدم على أكاروسات عائلة Phytoseiidae، سبب عقماً لإناث المفترس الأكاروسي *Amblyseius fallacies*. وبنفس الشيء، فإن المبيدات الفطرية Thiophanatemethyl و Carbendazin، يمكن أن توقف وضع البيض بالنسبة للمفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis*. بعض المواد التى ليس لها تأثير سام مباشر على بعض الأعداء الطبيعية يمكن أن تجعل الأسطح أو العوائل المعاملة طاردة للأعداء الطبيعية التى ربما تترك المنطقة المعاملة بأكملها. وهناك بعض من مبيدات الحشائش مثل diquat و paraquat تجعل التربة المعاملة من حقول العنب طاردة للأكاروسات المفترسة مثل المفترس *Typhlodromus pyri*.

يمكن أن يؤثر المستوى العددى فى قدرة الأعداء الطبيعية فى خفض تعداد آفاتها المستهدفة. ولتتبع هذه التأثيرات يتطلب ذلك إختبارات حقلية. يمكن أن تقل فاعلية الأعداء الطبيعية فيما لو حدث الأتى:-

- أدت المبيدات إلى خفض تعداد الآفة دون المستوى المطلوب لبقاء الأعداء الطبيعية المرتبطة بها (أو تغير من التوزيع المحلى للآفة)، وهذا بالتالى يؤدى إما إلى هجرة تلك الأعداء، أو قلة معدل تكاثرها، أو تجويعها.
- تشجع المبيدات من معدلات تكاثر الآفة أو تقلل من معدلات تكاثر العدو الحيوى مما يتسبب عنه إرتفاع كثافة تعداد الآفة مقارنة بكثافة العدو الحيوى، الأمر الذى يؤدى إلى هروب أعداد من الآفة، ولو مؤقتاً، من مهاجمة الأعداء الحيوية.
- تقتل المبيدات كل أطوار الآفة ذات الأجيال المتداخلة عدا طور واحد فقط من أطوار حياتها مما يجعل أطوار حياة الآفة متجانسة بدرجة عالية highly synchronized وهو ما يعرف فى المراجع بالتجانس المفجع catastrophic synchronization والذى قد يدوم تأثيره لعدة أجيال حتى يحدث تغيير طبيعي في وقت النمو والتكاثر بين أفراد الآفة مؤدياً إلى تداخل الأطوار مرة أخرى. وفي حالة الأعداء الطبيعية التى يقصر فيها دورة حياتها عن دورة حياة الآفة، فإن هذا التجانس قد يتسبب فى غياب مؤقت للعوائل المناسبة. وفي غياب مثل هذه العوائل المناسبة، فإن الأعداء الطبيعية تجوع أو تهاجر أو يقل معدل تكاثرها بدرجة كبيرة، هذا وقد سجلت أمثلة لمثل هذا التجانس المفجع لآفات جوز الهند وربما لغيرها من محاصيل المناطق الإستوائية.

- يمكن أن يستمر تأثير مبيدات الآفات التى لا تكون ضارة نسبيا لأفراد الأعداء الطبيعية مثل السموم المَعدية سواء من أصل معدنى (مثل كريوليت cryolite) أو بيولوجى (بعض السموم النباتية أو البكتيرية) على عشائر الأعداء الطبيعية بإهلاك مصادر غذائها أو عوائلها. فلو قتلت نسبة عالية جداً من تعداد الآفة أو تغير شكل التوزيع الطبيعى لها بطريقة تجعل سروح الأعداء الطبيعية أقل فاعلية، فإن تعدادات الأعداء الطبيعية يمكن أن ينخفض من خلال الهجرة أو الجوع أو معدل التناسل.

- يمكن أن تؤثر العوامل التى تغير من معدل تزايد التعداد بين الآفة وأعدائها الحيوية على كفاءة تلك الأعداء. فعلى سبيل المثال، وجد أن معاملة كوامل مَنْ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* بجرعات تحت مميتة sublethal من مركب azinphosmethyl أزاد من كفاءتها التناسلية بمعدل ٢٠-٣٠%. كذلك يمكن أن يزداد معدل معيشة بعض الأنواع من مفصليات الأرجل العاشبة herbivores بزيادة مستويات النتروجين فى النباتات من خلال أسمدة ذات مستوى عال منه، كما أنها تنمو بمعدل أسرع وبكفاءة تناسلية أعلى كما فى العناكب الحمراء بصفة خاصة. أيضاً قد تكون نفس الحالة بالنسبة للحشرات المتغذية على عصارة النباتات مثل الحشرات القشرية والذباب الأبيض والمن. مثل هذه الإرتفاعات فى معدلات نمو تعدادات الآفة تفوق قدرة تعداد العدو الطبيعى فى قمع تعداد الآفة. يمكن أن ينتج نفس التأثير أيضاً من المبيدات التى تقلل من معدل تكاثر تعداد العدو الحيوى.

حلول حول تقليل تأثير إستعمال المواد الكيميائية على الأعداء الحيوية:-

عندما تستخدم المبيدات لمكافحة الآفات فإنه يمكن تقليل تأثيرها على الأعداء الطبيعية بالوسائل التالية:-

١- إستخدام مبيدات منتقاة فسيولوجياً physiologically selected.

٢- إستخدام المبيدات بطرق منتقاه بيئياً.

٣- إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات Pesticide-resistant natural enemies.

١- إستخدام المبيدات المنتقاة فسيولوجياً:

يمكن التوصل إلى هذه النوعية من المبيدات من خلال إختبارات متناسقة systemic tests لتحديد أى منها، إن وجد، تكون متاحة وذات فعالية لمكافحة آفات محصول ما، وفى نفس الوقت تكون غير ضارة نسبيا للأعداء الطبيعية حتى يمكن الحفاظ عليها. وحيث أن عشائر الأعداء

الطبيعية التى تجمع من مواقع مختلفة تتفاوت فى حساسيتها لمبيد ما، لذا يلزم أن تحدد درجة الحساسية لعشائر الأعداء الطبيعية المحلية والمعنية بالإختبار. هذا ويجب ملاحظة أن المعلومات المتعلقة بتأثير مبيد ما على نوع ما من الأعداء الحيوية لا يصلح مقياساً لتوقع سمية مبيدات أخرى على نفس النوع أو على أنواع أخرى من الأعداء الحيوية. هذا ومن الضرورى إجراء التجارب تحت ظروف محكمة من توحيد للسن والجنس وتاريخ تربية الأعداء الطبيعية المستخدمة فى التجارب rearing history والحرارة والرطوبة ودرجة التهوية وكل ما يتعلق بالمستحضر المختبر من ناحية صورته formulation ودرجة نقائه والجرعة المستخدمة. وكقاعدة عامة فإن الآفات تكون أقل حساسية للمبيدات من أعدائها الطبيعية.

تتفاوت طرق هذه الإختبارات من تجارب معملية إلى تجارب شبه حقلية semi-field وتجارب حقلية. تتضمن التجارب المعملية معاملة الأعداء الطبيعة من خلال إغتذاء المبيد ingestion أو مواد معاملة بالمبيد، أو المعاملة السطحية topical application، أو بوضع الأعداء الطبيعية على أسطح بها بقايا المبيد عليها تجنح الأعداء الطبيعية للراحة، وقد تكون هذه الأسطح زجاجاً أو رملاً أو أوراقاً. يمكن أن ترش أوراق النبات فى المعمل أو فى الحقل وتستخدم إما مباشرة بعد جفافها أو بعد فترات متباينة حسب ما تتطلبه الدراسة تحت ظروف المعمل أو الحقل. وغالباً ما يستعمل أسلوب الغمر فى محلول المبيد مع إختبارات الأكاروسات. أما التجارب شبه الحقلية فتشمل حجز confining الكائنات المختبرة على أجزاء من النباتات أو على النباتات بأكملها بعد معاملتها بالمبيدات. تشمل الإختبارات الحقلية تقدير الضرر الواقع على تعدادات الأعداء الطبيعية عندما يعامل كل الحقل أو أحواض منه plots بالمبيدات. فى الإختبارات الحقلية، فإن إستعمال مكرارات من أحواض صغيرة يكون غير كاف غالباً لأن الأعداء الطبيعية متحركة ويصعب معها عزل تأثيرات المعاملة. أما إستعمال مساحات واسعة بدون مكرارات، مع إعادة التجربة فى أوقات متباينة يعطى نتائج أفضل.

تشمل القياسات المستخدمة فى تقدير درجات الحساسية لمبيد ما الجرعة المميتة لنصف عينة الكائن المختبر(LD_{50}). أما عند حبس الكائن المختبر على سطح معامل بالمبيد أى لا تعطى الجرعة بالفم أو المعاملة السطحية فيستخدم هنا معامل LC_{50} وهو تركيز المحلول المعامل به سطح النبات والذى يقتل نصف الكائنات المختبرة فى فترة زمنية محددة والتى عادة ما تكون ٢٤ أو ٤٨ ساعة. أما الإختبارات التى تشمل قياس تأثيرات متبقيات المبيد على فترات زمنية مختلفة فهى تساعد بصفة خاصة فى تحديد فترة الخطورة التى يتعرض لها نوع معين من الأعداء

الطبيعية بعد إستعمال المبيد. تكون النسبة بين قيم LC_{50} للعدو الطبيعى والآفة أو تلك للعدو الطبيعى والتركيز الموصى به من المبيد، هو مقياس نافع جدا لقياس إنتقاء selectivity مبيد ما. يكون تقدير أداء العدو الطبيعى (من خلال قدرة المفترس فى الوصول إلى فرائسه وإفتراسها بنجاح أو قدرة الطفيل فى إكتشاف عائله والتطفل عليه بنجاح) مؤشر أفضل للتأثير العام لبقايا المبيد من حساب نسبة الموت إذ يتضمن هذا الأداء التأثير تحت المميت sublethal effect للمبيد على الأعداء الطبيعية.

٢ – إستخدام المبيدات بطرق منتقاه بيئياً:

يمكن إستخدام المبيدات بطرق مختلفة يقل معها ملامستها للأعداء الطبيعية كما يتضح فيما يلى:

أ – إستخدام جرعات منخفضة reduced dosages

يمكن تقليل تأثير المبيدات على الأعداء الطبيعية بتقليل الجرعة المستخدمة، فإستخدام ربع أو نصف الجرعة المعتادة غالبا ما تعطى مكافحة كافية للآفة مع تقليل نسبة موت الأعداء الطبيعية.

ب – إستخدام مستحضرات ومواد منتقاه selective formulations and materials

إن الخصائص الطبيعية لمستحضرات المبيد formulations تؤثر على فعاليته ضد الأعداء الطبيعية. فالمستحضرات المحببة المستخدمة فى التربة، على سبيل المثال، لا تتلامس مع الأعداء الطبيعية المتواجدة فى الهواء أو على النبات ولذلك فإن عديد من الأعداء الطبيعية لا تتأثر بمثل تلك المعاملات. إلا أنه غالباً ما تستخدم مثل هذه المركبات بهدف الإبقاء على بقايا المبيد residues فى الطبقة السطحية للتربة، وفى هذه المنطقة ربما يكون ملامسة هذه البقايا للأعداء الطبيعية ذات تأثير طويل المدى ومؤثر. ومن المتوقع أن مثل هذه المعاملات تقلل بطريقة معنوية من عشائر الأعداء الطبيعية الحساسة التى تعيش فى التربة أو تسرح على سطحها .أما المبيدات الجهازية فهى ذات تأثير مباشر طفيف على الأعداء الطبيعية التى لا تمتص عصارة النبات وبالتالى لا تتلامس مع المبيد. أما المبيدات التى لا تقتل إلا بإغتذائها، دون التلامس المطلق مع جدار الجسم، فتكون أقل ضرراً على الأعداء الطبيعية. عادة لا تكون السموم المَعدية stomach poison، مثل المواد الناتجة من النبات (قلويات معينة)، أو المركبات المعدنية (مثل الكريوليت caryolite) مهلكة للطفيليات والمفترسات التى لا تتغذى

على أنسجة النبات. إلا أنه يمكن أن تكون تلك السموم المَعدِية ضارة لتعدادات الأعداء الطبيعية إذا ما سببت إنخفاضاً مأساوياً فى كثافات العائل أو الفريسة.

ج- تحديد المساحات المعاملة:-

يمكن التحكم فى المساحات المعاملة بالمبيدات لتقليل تعرض الأعداء الطبيعية لها. فعلى سبيل المثال، فإن رش خطوط مزارع التفاح بالتبادل بدلاً من كل الخطوط بالمبيد يضمن مكافحة كافية لآفاته المتحركة مع الحفاظ على نسبة حية أكبر من أبو العيد *Stethorus punctum* المفترس للعناكب. هذا وقد أمكن أيضاً مكافحة الحشرة القشرية *Lepidosaphes beckii* فى مزارع الموالح بنجاح بإستخدام الزيت لكل ثالث خط مع تكرار المعاملة كل ستة أشهر. وقد سمح هذا الإجراء بمكافحة جيدة لهذه الآفة مع عدم إهلاك الأعداء الطبيعية الأخرى لآفات الموالح. كذلك أدى رش الخطوط بالتبادل فى حقول القطن إلى مكافحة ناجحة لآفاته، وفى بعض المبيدات المختبرة، إلى تشجيع معدل التطفل على آفاته الرئيسية. على العكس من ذلك، فقد وجد أن رش أحواض strips الغلال لم يهيء مكافحة كافية للمن عندما يكون عرض هذه الأحواض ١٢م والسبب فى ذلك يرجع إلى أن الأعداء الطبيعية لم تستطع توطيد نفسها فى الأحواض المعاملة فى الوقت المناسب لخفض تعداد الآفة عند عودة نشاطها resurgence.

د- تحديد توقيت المعاملات:

يمكن تحديد التلامس بين المبيدات والأعداء الطبيعية إما بإستخدام مركبات غير ثابتة non-persistent وتقليل معدلات المعاملات أو بإستخدام المركبات فى فترات تكون فيها الأعداء الطبيعية غير موجودة أو فى طور من أطوارها المحمية. يقلل إستخدام مبيدات غير ثابتة من الضرر للأعداء الطبيعية بسبب أن هذه الأعداء التى تخرج (من شرانقها أو من عوائلها) بعد إنخفاض التأثير الباقى السام للمبيد يمكن لها أن تعيش بطريقة طبيعية. كذلك فإن الأعداء الطبيعية التى تصل من الحقول غير المعاملة يمكنها أن تتوطن بسرعة فى تلك الحقول المعاملة. تتفاوت كثيراً درجة ثبات المبيدات، فبعض المركبات مثل الديازنون Diazinon تترك آثار بقاياها على الأسطح المعاملة لمدة أسبوع أو أكثر بتركيز يكفى لقتل الأعداء الطبيعية. كذلك فإن بعض مبيدات الحشائش مثل مركبات الترياز ين Triazines تمكث لعدة أشهر فى التربة. بعض المركبات الأخرى مثل مبيد البيرثرين Pyrethrin تتحلل خلال ساعات أو أيام من المعاملة. وقد وجد أن الظروف الجوية تؤثر بشدة فى درجة تواجد بقايا المبيدات،

ومن أهم هذه العوامل الأمطار التى تغسل هذه البقايا، والحرارة التى تؤثر على كل من سمية المبيد ومعدلات تحلل بقاياه.

إن ضبط توقيت المعاملات بالمبيد لحماية الأعداء الطبيعية هو ضرورة تتم إما بتقليل معدلات الرش حتى يكون هناك فترات يكون النبات فيها غير سام للأعداء الطبيعية، أو ضبط مواعيد الرش لتجنب الفترات التى تكون فيها الأعداء الطبيعية فى أزهى فترات نشاطها أو فى أحد أطوارها الحساسة. وهنا يتطلب الأمر دراسات لتعدادات الحشرة النافعة لمعرفة الفترات التى تتواجد فيها مثل هذه الأطوار الحساسة بهدف خلق فترات خالية من المبيد. لكن إذا تطلب الأمر معاملات عديدة للمبيد يكون من الصعب جداً تجنب الفترات التى تكون فيها الأعداء الطبيعية فى أحد أطوار حياتها الحساسة.

هـ- تغيير نظم المكافحة:

تزايدت فرص الحفاظ على الأعداء الطبيعية بعدما إنحصرت الحاجة إلى الإستعمال المتكرر للمبيدات واسعة المدى وإتباع طرق أخرى للمكافحة غير سامة مثل إستخدام الأعداء الحيوية أو غيرها من الطرق مثل المصائد والفيرومونات والطرق الزراعية المختلفة.

إن تقليل معدلات إستخدام المبيد فى محصول ما معناه زيادة ملحوظة فى الكثافات العددية للأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال عندما حلت الفيرومونات، بهدف عرقلة التزاوج، محل المبيدات الفسفورية فى مكافحة فراشة الكودلنج *Cydia pomonella* فى بساتين الكمثرى تزايدت الكثافات العددية للمفترس *Deraeocoris brevispiceatus* (نصفية الأجنحة)، وأسد المن *Chrysoperla carnea* مع تحقيق ٨٤% إنخفاض فى تعداد حشرة *Psylla pyricola* وإنخفاض فى تلوث ثمار الكمثرى بالندوة العسليه من ٩,٧% إلى ١,٥%.

٣- إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات :-

حيثما تستخدم المبيدات على المحاصيل بدون وجود كيميائيات منتقاة بدرجة كافية، أو إكتشاف طريقة آمنة للمعاملة، فعندئذ لابد من إجراء محاولات لإطلاق وأقلمة سلالات من الأعداء الطبيعية مقاومة للمبيدات. والهدف الرئيسى لهذه الإطلاقات هو الأقلمة الدائمة لهذا الشكل من الأعداء الطبيعية المقاومة للمبيدات لدرجة يمكن معها الإستمرار فى إستعمال المبيدات ضد الآفات الأخرى دون عرقلة مكافحة الآفة بذلك العدو الطبيعى المقاوم للمبيدات. أمكن عن طريق الإنتخاب المعملى أو إعادة الإكتشاف من العشائر الحقلية تربية وإستنباط سلالات مقاومة للمبيدات

لعديد من أنواع أكاروسات عائلة Phytoseiidae ومن هذه الأنواع *Metaseiulus occidentalis* و *Typhlodromus pyri* و *Phytoseiulus persimilis* و *Amblyseius fatlacis* و *Amblyseius andersoni*. أمكن أيضاً إستنباط سلالات مقاومة من طفيليات غشائية الأجنحة من العشائر الحقلية. أمكن أيضاً عن طريق الإنتخاب المعملي الوصول إلى مستويات من المقاومة لبعض المبيدات ومن هذه الأنواع طفيل المن *Trioxys pollidus*، وطفيل نافقات الأوراق *Diglyphus begini* وبعض طفيليات الحشرات القشرية مثل الطفيليات *Aphytis holoxanthus*، *A. melinus*، وبدراسة هذه السلالات إتضح أنه يوجد فى عديد من الأعداء الطبيعية تباين جينى يسمح بنمو العشائر المقاومة للمبيدات تحت ظروف الإنتخاب المعملى أو الحقلى. وقد إتضح فى كثير من الأمثلة أن هذه السلالات يمكنها أن تعيش وتستقر لسنة أو أكثر فى حقول وبساتين ترش بالمبيدات. تنشأ بداية هذه السلالات المقاومة من إبادة مسبقة، من خلال إستخدام المبيد لأى عشيرة حساسة كائنة من نفس النوع النافع. ولكى تعوض التكاليف الإقتصادية للحصول على هذه السلالات المقاومة يلزم أن يدوم بقاؤها لفترة طويلة حتى يمكن تحقيق أطول فائدة ممكنة. فى بعض الحالات كما هو الحال فى إستعمال الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* فى مكافحة الأكاروس فى محاصيل الصوب، فإنه يكفى أن تستمر المقاومة فقط لفترة حياة المحصول (٣-٦ أشهر عادة) حيث يطلق مفترسات جديدة مع بداية المحصول الجديد. فى حالة المحاصيل المنزرعة فى الحقول المكشوفة outdoor crops، قد يتطلب الإبقاء على السلالة المقاومة رش المبيد بصفة منتظمة. وجد أنه عند توقف الضغط بالمبيدات pesticide stress، تُفقد صفة المقاومة لدى بعض الأعداء الطبيعي، أى أنها صفة قابلة للإنعكاس reversible character. حيث تستخدم مثل هذه المعاملات الكيميائية، فإن إستيراد أعداء طبيعية مقاومة للمبيد يمكن أن يؤدى إلى إحلالها محل النوع الحساس المتواجد. أما فى حالة غياب مثل هذه المعاملات المنتظمة، فإن هذه السلالة المقاومة المستوردة يمكن أن يحل محلها نوع آخر حساس. فى بعض الحالات، قد تواجه الحاجة للمعاملات المستمرة بالمبيد فى الحقل للإبقاء على ظاهرة المقاومة فى الأعداء الطبيعية بمعاملات المبيدات التى تتم لآفات أخرى على نفس المحصول. فقد أظهرت التجارب أن سلالة المفترس الأكاروسى *Typhlodromus pyri* المقاومة للمركبات الفوسفورية العضوية أمكنها أن تعيش فى حقول بستانية معاملة بتلك المبيدات بمستويات كافية لمكافحة العناكب *Panonychus ulmi*، *Aculus schlechtendali*، بينما كانت نادرة ولم تستطع خفض تعداد تلك الأكاروسات فى حقول مرشوشة بمركبات البيرثرويد pyrethroids.

ب-إدارة التربة والماء وبقايا المحاصيل

١-إدارة التربة:-

تشمل إدارة التربة، فى مجال إنتاج المحاصيل، العزق وإضافة السماد البلدى أوالمخصبات الكيميائية والمعاملات التى تحافظ على درجة حموضة التربة pH المطلوبة أو غير ذلك من المعاملات. يمكن لكل هذه المعاملات أن تؤثر على مشاكل الآفات التى تصيب المحصول إما بطريقة مباشرة على الآفة فى بعض الحالات أو غير مباشرة على أعدائها الطبيعية فى البعض الآخر. يعتبر التأثير المباشر لإدارة التربة على الآفات هو إحدى صور المكافحة الزراعية، أما التأثير غير المباشر وهو تأثير إدارة التربة على الأعداء الطبيعية للآفات الحشرية فسوف نتناوله هنا.

لا يختلف الحفاظ على الأعداء الطبيعية فى التربة فى أساسياتها عن الحفاظ عليها على المحصول. هناك دراسات قليلة عن ديناميكية الكائنات الحية الكائنة فى التربة وهناك حاجة إلى زيادة المعرفة عن العلاقات المتبادلة بين مختلف الكائنات فى التربة من جانب وبينها وبين الآفات أو الأعداء الطبيعية التى تمضى فترة من دورة حياتها فى التربة. لوحظ أن الحرث يقلل من نسبة خروج طفيليات خنفساء اللفت *Meligethes* sp. في كل متر مربع بمعدل ٥٠%، فى زراعات اللفت الربيعية. ١٠٠% في الزراعات الشتوية. وقد أقترح أنه إذا تم زراعة القمح الذي يعقب محصول اللفت في الموسم الشتوي بطريقة النقر المباشر في التربة بدلاً من الحرث ربما يعمل على الحفاظ على طفيليات تلك الآفة. هذا وقد وجدت علاقة بين فوران الإصابة بخنفساء أوراق الحبوب *Oulema melanopus* ونظام الزراعة الذى فيه تعزق الأرض مباشرة بعد الحصاد بدلاً من الأسلوب المعتاد من إستعمال محاصيل الحبوب مرافقة لزراعات البرسيم دون عزيق. من المعروف أن عملية العزيق تقتل ٩٥% من الطفيل *Tetrastichus julis* والذى يكون غائباً فى المناطق التى يحدث بها فوران أى التى عزقت، بينما يتطفل على ٧٤-٩٠ % من يرقات الآفة فى المناطق التى لم تعزق.

لوحظت التأثيرات النافعة للسماد البلدى كمصدر للمخصبات، بدلاً من المخصبات الكيميائية، بالنسبة لبعض المفترسات من مفصليات الأرجل مثل خنافس عائلة Carabidae، والأكاروسات المفترسة من جنسى *Stratiolaelaps* و *Androlaelaps* التى تفترس بيض أنواع جنس *Diabrotica* وهى من آفات الذرة. أيضاً تعتبر التربة مخزناً كبيراً للممرضات الفطرية والفيروسية وتؤثر خصائصها على بقاء الممرض. فعلى سبيل المثال فإن الفيروس NPV الذي يصيب الفراشة ذات

البقعتين *Trichoplusia ni* التي تصيب الكرنب يكون أكثر بقاءً persistence فى التربة الأقل حموضة، ولذا ينصح بإضافة الجير إلى التربة للحفاظ على تلك الفيروسات.

يؤدى تقليب الأراضى الجافة بالماكينات الزراعية إلى تغطية النباتات بالأتربة. ترتبط أشجار الفاكهة المتربة، فى بعض الحالات، بحدوث فورانات لآفاتها كالحشرات القشرية. ويعتقد أن الميكانيكية التى تؤدى إلى هذه الحالة هو تأثير الأسطح المتربة على سلوك المفترسات والطفيليات من غشائية الأجنحة. إذ عند السروح على أسطح متربة تستغرق الطفيليات وقتاً أطول فى تطمير grooming وتنظيف نفسها ووقت أقل فى ملاقاة العائل والتطفل عليه. وبصفة عامة تكون هذه الأسطح المتربة غير جاذبة للطفيليات الباحثة عن عوائلها بل تهجرها بعد فترة وجيزة مما يسهل من حدوث فوارانات عددية للآفات المتواجدة على تلك النباتات. أما بالنسبة للمفترسات، فيتفاوت التأثير عليها، فعلى سبيل المثال، فقد وجد أن أبو العيد *Stethorus picipes* المفترس للأكاروسات تزداد نسبة موت أفراده بسبب الجفاف وقدرته البحثية المنخفضة على الأسطح المتربة. وعلى العكس من ذلك، فإن كفاءة الأكاروس المفترس *Metaseiulus occidentalis* الذى يفترس الأكاروس الباسفيكى *Tetranychus pacificus* لا تختلف سواء كانت الأسطح النباتية متربة أو نظيفة. وبصفة عامة، عندما يتزامن حدوث فوران للآفة مع الحالة المتربة فإنه غالباً ما ينظر إلى أن التراب هو من الأسباب المحتملة لحدوث الفوران. وهنا لابد من الدراسة لتحديد ما إذا كانت الأعداء الطبيعية أقل فعالية تحت الظروف المتربة وخصوصاً بالنسبة للحشرات القشرية التى تلعب الأعداء الطبيعية المحلية دوراً فى مكافحاتها. هذا ومن الأسباب الأخرى لإرتفاع تعداد بعض الأنواع من الآفات فى صفوف أشجار الفاكهة المتواجدة على حواف البستان المتربة هو درجة الحرارة الأعلى نتيجة تعرضها بدرجة أكبر لعوادم السولار.

٢- إدارة المياه:-

يزيد الرى من نسبة الرطوبة فى المحصول، وقد يكون هذا مهماً فى تهيئة ظروف محببة أكثر لبعض الأنواع من الأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، من الممكن إحداث حالة وبائية من الممرضات الفطرية للحشرات بإستخدام الرى أو إتباع نظام للرى فى الصوب الزجاجية. يمكن زيادة فاعلية الفطر *Verticillium lecanii* لمكافحة المن والذباب الأبيض فى الصوب بالرى وضبط درجات الحرارة ليلاً للإبقاء على الرطوبة العالية اللازمة لإنبات جراثيم هذا الفطر الممرض. لو أخذ فى الإعتبار المعدل اليومى للموت مع الأطوار المختلفة للآفة مع فترة النمو

التى قد تستمر أسابيع أو أشهر فإنه يمكن الحصول على معدل جوهرى لنسبة الموت. فعلى سبيل المثال، وجد أن نسبة الموت اليومى للمن *Monellia caryella* على أشجار البكان من ٥-١٠%، لكن وصلت على مدار الأسبوع إلى ٤٥-٥٠%، وعندما يعبر عن هذه النسبة خلال فترة النمو ستصل إلى مستوى أعلى من هذا. قد يستعمل الغمر flooding أيضاً مع بعض المحاصيل لمكافحة آفاتها. أستعمل هذا الأسلوب فى مكافحة ذبابة البصل *Delia antique*، لكن وجد أن هذا الإجراء مهلك لطفيلها الرئيسى *Aleochara bilineata*.

٣- إدارة بقايا المحاصيل:-

يتم التخلص من بقايا العديد من المحاصيل بعد الحصاد بطرق مختلفة مثل الحريق أو العزق. فى بعض الحالات، قد يتم هذا الإجراء لتحقيق فائدة ما لكن فى البعض الآخر قد لا يكون للتخلص من هذه البقايا أى هدف محدد سوى أنها الطريقة المعتادة لنظافة سطح التربة إستعداداً لإعادة إستعمالها للمحصول التالى. أوضحت الدراسات أنه فى بعض الحالات قد يكون التعامل مع هذه البقايا ذات فائدة هامة فى الحفاظ على الأعداء الطبيعية لآفات تلك المحاصيل. فعلى سبيل المثال، يَهلك الأكاروس المفترس *Amblyseius seyphus* (مفترس الأكاروس *Oligonychus pratensis*) الذى يقضى فترة الشتاء فى قش قصب السكر إذا ما تم التخلص من هذه البقايا، لكن لو حفظت هذه البقايا بنظام لا يسمح بالتخلص منه سوف يزيد معدل معيشة هذا المفترس بين زراعات القصب وتزداد أعداده مبكراً مع الزراعة التالية. يهلك عديد من طفيليات نطاط أوراق القصب *Pyrilla perpusilla* عندما تحرق مخلفات هذا المحصول. وقد أوضحت الدراسات أنه لو تركت هذه المخلفات دون حرقها فإن الطفيليات يمكن أن تظل فى مستويات قادرة على مكافحة تلك الآفة، ومن أنشط تلك الطفيليات الطفيل *Parachrysocharis javensis*.

فى حقول الأرز، وجد أن حفظ حزم قش الأرز فى الحقول التى حصدت يحافظ على الأعداء الطبيعية لآفات الأرز. وجد أيضاً أن الحفاظ على النباتات المتبقية بعد الحصاد يحفظ الطفيل *Cotesia rubecula* الذى يتطفل على يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae*.

وجد أيضاً أن تكتلات الشماريخ أو التشوهات الزهرية المتواجدة على أشجار المانجو بعد الحصاد تكون الملجأ الآمن لطفيليات فراشة الندوة العسلية *Cryptoblabes gniediella* التى أصبحت لها أهمية إقتصادية هامة على أشجار المانجو بمحافظة الإسماعيلية فى السنوات الأخيرة. وجد أن الطفيليات *Phanerotoma ocularis, Diadegma* sp., *Brachymeria aegyptiacus* تتواجد بصورة كبيرة جداً داخل تلك التشوهات أو التكتلات الزهرية للمانجو وعندما يلجأ

المزارعون لحرق تلك التكتلات الزهرية للتخلص منها وكذلك للقضاء على جراثيم الفطر المسبب لمرض البياض الدقيقى فى المانجو، يفقد جزء كبير من تعداد تلك الطفيليات اللازمة لضبط تعداد تلك الآفة فى موسم النمو فى الربيع التالى. ولكن إذ تم جمع مثل هذه التكتلات والإحتفاظ بها لمدة شهرين فى براميل مغطاة بسلك دقيق يسمح بخروج الأعداء الطبيعية فإنه يمكن الحفاظ على الأعداء الطبيعية حتى خروجها لتعاود نشاطها في البستان وبعد ذلك من الممكن حرق تلك التكتلات الزهرية للتخلص من جراثيم الفطر.

توضح هذه الأمثلة أن إدارة مخلفات المحاصيل هى من العمليات الزراعية التى يكون لها فى بعض الحالات تأثيراً معنوياً فى الحفاظ على الأعداء الطبيعية، ويجب أن لا يفترض دائما أن تنظيف الحقول من الحشائش وبقايا المحاصيل هو بالضرورة الإجراء الأمثل المعتاد بل يجب أن يسترشد هذا الإجراء بتجارب معملية توضح تأثيرات التعامل مع مخلفات المحاصيل على عوامل عدة منها الآفات وأعدائها الطبيعية وأمراض النبات وكمية المحصول.

جـ - نظم المحاصيل الزراعية Crop pattern

تهيء المحاصيل المستديمة مثل مزارع البساتين والأعناب عوائل نباتية مستديمة نسبياً لجماهير الآفات وأعدائها الطبيعية، أما المحاصيل الحولية فهى أقل تناظراً من عام لآخر فى نفس الموقع. وعلى كل، حينما يكون لدى المزارعين القدرة على التخطيط لتعاقب المحاصيل بين الحقول خلال عدد من السنين بهدف تخصيب التربة والتقليل من الآفات، فإنه يمكن إتباع نظم المحاصيل الزراعية لتشجيع الأعداء الطبيعية وعدم تشجيع إستيطان الآفات. يمكن أيضاً تداول نظم المحاصيل بهدف الإستيطان المبكر والغزير للزراعات الجديدة بواسطة الأعداء الطبيعية، أو تشجيع حياتها وتكاثرها فى المحصول. وبينما يمكن لهذه النظم من أن تحسن أداء جماهير الأعداء الطبيعية، فإنها تكون أكثر قيمة حينما تسهم هذه الأعداء فى خفض تعداد الآفة بطريقة ملحوظة. وأينما تغيب الأعداء الطبيعية فإن تصميم الزراعات بطريقة تسمح بالإستيطان المبكر للآفة يمكن أن يؤدى إلى إصابة مبكرة بالآفات وعندئذ يجب التخلص منها. وهناك ثلاثة إتجاهات للإستفادة من هذه النظم فى تشجيع الأعداء الطبيعية وكفاءتها وهى:-

١- نظام المحصول الواحد.

٢- زراعة أكثر من محصول فى نفس الحقل.

٣- نظم تشجيع الأعداء الطبيعية بين المحاصيل.

١ – نظام زراعة المحصول الواحد monocrop pattern

تدوم المحاصيل المستديمة مثل جوز الهند والتفاح والموالح فى نفس الموقع لسنين عديدة. يسمح هذا الإستقرار بالنمو المحلى لجماهير الأعداء الطبيعية والتى تصبح متواجدة بصفة دائمة فى المحصول سنة بعد أخرى دونما يكون هناك حاجة لتوقع وجود بؤر جديدة تستعمر أولاً بالآفة ثم بأعدائها الطبيعية. تشجع هذه المواقع المستقرة مجال المكافحة البيولوجية إذ تحد من الوقت الضائع الذى غالباً ما يحدث فى المحاصيل الحولية الجديدة والتى فيها تصل الأعداء الطبيعية متأخرة وبعد فترة طويلة من إستقرار الآفة ونصبح غير قادرة على خفض تعداد هذه الافات إلى مستوى مقبول خلال دورة تواجد المحصول القصيرة. ولكى نشجع عمل المكافحة البيولوجية فى مثل هذه المحاصيل الحولية يمكن تخليق وتهيئة ظروف مماثلة لتلك التى تتميز بها المحاصيل المستديمة والتى تؤثر بإيجابية فى فاعلية الأعداء الطبيعية وذلك من خلال إتباع أنظمة داخل السنة ذاتها أو بين السنين حتى ينتعش هذا النوع من المكافحة. فى بعض المحاصيل مثل الأرز وقصب السكر يمكن أن تتوافر ظروف المواقع المستقرة حيث تخصص مساحة كبيرة من الرقعة الزراعية لزراعة عديد من العروات الزراعية كل سنة مما يسمح بتواجد مستمر للمحصول النباتى خلال العام، والأكثر من هذا، أن تزرع هذه الحقول فى مواعيد متفاوتة مما يسمح بتداخل لكل أطوار نمو النبات على مدى واسع. فى مثل هذه الظروف يمكن أن تتواجد الأعداء الطبيعية للآفات بصفة مستمرة، كما يمكن أن تتنقل هذه الأعداء من الزراعة القديمة إلى الزراعات الحديثة فور زراعتها وإصابتها بالآفات مباشرة.

يمكن أن تتوافر الفرص فى الزراعات الحولية بطرق تسمح بالتواجد المبكر للأعداء الطبيعية فى الزراعات الحديثة. فقد وجد أن المكافحة البيولوجية للمن يمكن أن تتحسن فيما لو زرعت بعض حقول الحبوب مبكراً فى الشتاء لتجذب وتستبقى المن المتطفل عليه أثناء فصل الشتاء. تستطيع الطفيليات التى تخرج مبكراً من هذه الأفراد المتطفل عليها أن تهاجم أفراد المن التى تبدأ فى التواجد فى حقول الحبوب المجاورة المزروعة متأخراً فى أوائل الربيع. وقد وجد بالتجربة أن زراعة ٤% من كل فدان فى عروة مبكرة تكفى لأن تكون مصدراً للطفيليات التى تخرج مبكراً للزراعات الأخرى.

يمكن تطبيق هذه الوسائل مع محاصيل أخرى مثل اللفت الذى يزرع فى عروات مبكرة أو متأخرة فى بعض المناطق، أوقد يزرع بصفة مستمرة فى مواقع أخرى. يمكن أن يتم التوطين المبكر للأعداء الطبيعية فى الزراعات الحديثة عن طريق التنسيق فى مواعيد الزراعة نكى

نضمن إستمرار الأعداء الطبيعية فى كل الزراعات. وكلما إقتربت الزراعات الحديثة من الزراعات القديمة كلما زادت سرعة توطين الحشرات (سواء آفات أو أعدائها الطبيعية) التى تنتقل من الزراعات المتأخرة ولكى يحدث توطين سريع، فلابد من تداخل مواعيد الزراعات. فى الحالات التى يتم فيها حصاد المحصول القديم قبل أن تستقر تماماً الزراعات الجديدة، فإن التخلص من بقايا المحصول القديم بالحرث أو بأى وسيلة أخرى يمكن تأخيره لفترة تسمح بخروج الأعداء الحيوية وتوطنها فى الزراعات الحديثة. عندما يتم حصاد الحقول الكبيرة فى وقت قصير، فإن الأعداء الطبيعية النشطة على المحصول تحرم تماماً من وسائل الإبقاء على تعدادها مما يضطرها للهجرة أو قد تموت بسبب نقص عوائلها أو فرائسها. وهنا فإن وسائل الحصاد التى تسمح بتقسيم الحقول إلى وحدات صغيرة يمكن أن تحافظ على الأعداء الطبيعية. وعلى سبيل المثال أيضاً فإن الحش الشرائحى strip harvest في حقول البرسيم الحجازى يساعد على الإبقاء على جماهير طفيليات المن وسوسة البرسيم *Hypera postica* وأنواع من خنافس جنس *Lygus*.

خلاصة القول، فإن النظام الأمثل لمحصول ما على المستوى الحقلى لابد أن يهدف إلى التوافق بين المحصول والآفة وأعدائها الطبيعية لتحديد المسافات بين المساحات المنزرعة والتداخل فى العروات الزراعية لكى نضمن توطين فعلى للنباتات الحديثة بواسطة الأعداء الطبيعية.

٢- نظام الزراعة المتداخلة (التحميل) Intercropping

بينما تهدف إستراتيجية زراعة المحصول الواحد إلى تشجيع التوطين المبكر للمساحات المنزرعة حديثاً بكل من الآفات وأعدائها الطبيعية لتحقيق أفضل نسبة بين الأثنين، فإن إستراتجيات التنوع فى المحاصيل تهدف، من ضمن تأثيراتها، إلى تأخير أو تقليل عدد الآفات التى تستوطن المحاصيل وخفض إستبقائها فى المحاصيل مع تشجيع دور الأعداء الطبيعية. والمقصود بهذا النظام هو زراعة محصولين أو أكثر فى نفس الحقل وفى نفس الوقت، إما مختلطة مع بعضها تماماً أو معزولة فى خطوط منفصلة، وقد تكون متبادلة فى بعض النظم. يفترض نظرياً تحقيق فائدتين من هذا النظام هما تقليل أعداد الآفة، وإستبقائها retention فى الحقول، وتشجيع أعداد الأعداء الطبيعية وفعاليتها. يتوقف تحقيق أو عدم تحقيق أهداف هذا النظام على بيولوجياً الآفات وأعدائها الطبيعية، وعلى المحاصيل والظروف البيئية الطبيعية. فى دراسة حول هذا النظام وجد أنه قد أدى إلى خفض تعداد الآفة فى ٥٦% من الحالات وزيادتها فى ١٦% من الحالات وعدم حدوث أى تأثير فى ٢٨% من الحالات التى درست حول متغذيات

الأوراق leaf feeders. هذا ويصعب تحديد الأسباب حول هذه التأثيرات. فى دراسة أخرى حول تأثير هذا النظام على فاعلية الأعداء الطبيعية، وجد حدوث نسبة عالية من الموت فى ٩ حالات من ١٣ حالة ونسبة منخفضة من الموت فى حالتين ولم يحدث تأثير فى الحالتين الأخريتين. وقد أقترح أن نظام الزراعة المتداخلة ربما يكون أكثر نفعاً فى الأنواع العامة generalists من الأعداء الطبيعية أكثر من المتخصص منها specialists والتى يكون لها أداء أفضل فى المحصول الذى يهاجم بعائلها أو فريستها. وبهذا لا يوجد نظام عام يمكن تعميمه، ولكن كل مجموعة من المحاصيل لابد أن تقيم تحت الظروف البيئية المحلية لتحديد فيما لو أن هذا النظام مفيد فى حقول المحاصيل وآفاتها وأعدائها الطبيعية.

٣- تنظيم تشجيع الأعداء الطبيعية بين المحاصيل:-

تتواجد بعض الأعداء الطبيعية فى عديد من المحاصيل متطفلة على عائل أو أكثر، أو متغذية على فريسة أو أكثر. فى مثل هذه الحالات، يمكن تشجيع الأعداء الطبيعية فى محصول ما بزراعته قريباً من أو عقب محصول آخر يعمل كمصدر للأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، وجد أن أبو العيد *Coleomegilla maculata* (وهو مفترس هام لبيض خنفساء الكلورادو التى تصيب البطاطس) يتواجد أيضاً فى الذرة متغذياً على المن وحبوب اللقاح وبزراعة المحصولين بجوار بعضهما يزيد مستوى تواجد وكفاءة هذا المفترس فى محصول البطاطس. سجل أيضاً وجود فائدة كبيرة من زراعة محصول اللفت مجاوراً لزراعات البامبو فعند حصاد محصول اللفت تهاجر أعداد كبيرة من أبى العيدات الى زراعات البامبو مما يؤدى إلى زيادة أعدادها وكفاءتها. كما أن زراعة بعض المحاصيل التى تتميز بإفرازها لكميات كبيرة من الرحيق يشجع على توطين الأعداء الطبيعية بتلك الحقول وبالحقول المجاورة لها.

د-التعامل مع النموات الخضرية غير المحصول Manipulation of non –crop vegetation

يمكن أن تؤثر النموات الخضرية غير المحصول، سواء كانت بين المحصول كغطاء أرضى ground cover، أو مجاورة له، فى فاعلية الأعداء الطبيعية على آفات المحصول فى صور عدة منها:-

١- تحسين الظروف الطبيعية والحصول على الغذاء داخل المحاصيل:-

تعتبر الحشائش أو غيرها من المسطحات الخضراء الأرضية التى تزرع عن قصد من أساسيات النموات الخضرية غير المحصولية التى يمكن التعامل معها لتشجيع الأعداء الطبيعية.

فى بعض الحالات يمكن زراعة بعض أنواع المحاصيل الإضافية بأعداد قليلة في الحقول للحفاظ على الأعداء الطبيعية الرئيسية. فعلى سبيل المثال يزرع نبات أبو فروة المائى *Eleocharis* sp. فى مشاتل الأرز paddies للحفاظ على الطفيل *Tetrastichus schoenobii* وهو طفيل بيض هام على آفة الأرز *Tryporyza incertulas* كما أنه يهاجم أيضاً الحشرة *Scirpophaga* sp. على نبات أبو فروة المائى. بالنسبة لبعض الأعداء الطبيعية، قد تخدم أصناف من المحصول ذاته كمصدر غذائي يُمكّن العدو الطبيعى من البقاء بتعدادات أعلى عندما يندر وجود فريسته. من الأمثلة على ذلك الأكاروس المفترس *Amblyseius andersoni* الذى يتغذى على كل من آفة الأكاروس وحبوب اللقاح.

تخدم محاصيل التغطية الأرضية cover crops إذا ما قورنت بالأرض العارية أو الأرض المعزوقة، فى خفض درجة حرارة التربة ورفع درجة الرطوبة النسبية. يمكن أن تخدم أيضاً كمواطن للمفترسات الأرضية مثل خنافس عائلة Carabidae والرواغات وأبو العيدات وذباب السرفس وغيرها من الأنواع التى تتغذى على مفصليات الأرجل التى تعيش على هذه المسطحات الخضراء. فعلى سبيل المثال، تدعم زراعة الكرنب محملاً مع البرسيم، بطريقة فاعلة، من تواجد تعداد أكبر من المفترسات الأرضية (مثل الخنافس الأرضية Carabidae، والرواغات Stapbylinidae) التى تفترس يرقات ذبابة جذور الكرنب *Delia brassicae* فيقل تعدادها. يتفاوت تأثير تلك الأغطية الأرضية فى تشجيع الأعداء الطبيعية من محصول لآخر ومن موقع لآخر، فقد يكون ذا قيمة فى بعض الحالات ويكون بلا تأثير فى بعض الحالات الأخرى. وعلى العموم فهى أكثر تشجيعاً للمفترسات العامة عن الطفيليات المتخصصة. على الجانب الآخر، يكون لهذه المسطحات الأرضية القدرة أيضاً على منافسة المحاصيل فى الرطوبة والغذاء مؤدية إلى نقص المحصول، ولذا فإنه يجب إختيار تلك الأنواع وإختبار كثافة زراعتها لتحديد قيمتها.

غالباً ما تستخدم الأغطية الأرضية فى تشجيع الأعداء الطبيعية للعناكب والمن. فقد وجد، على سبيل المثال، أن مكافحة العنكبوت الأحمر الأوربى *Panonychus ulmi* بواسطة الأكاروس المفترس *Amblyseius fallacis* مرتبط بتواجد تعدادات المفترس فى أوائل الربيع على المسطحات الخضراء الأرضية. كذلك وجد فى حقول الموالح أن مكافحة عنكبوت الموالح الأحمر *Panonychus citri* تزداد بإستعمال النبات الإستوائى *Ageratum conyzoides* الذى يزرع كمسطحات خضراء بين خطوط الموالح، إذ أن حبوب لقاح هذا النبات تعتبر غذاءاً للأكاروس المفترس *Amblyseius* sp. بالإضافة إلى هذا، فإن المسطحات الخضراء الأرضية تقلل من درجة

الحرارة وترفع من درجة الرطوبة النسبية مما يجعل الموطن أكثر مناسبة فى المناطق الجافة. وعلى العكس من ذلك إزدادت الكثافات العددية للعنكبوت *Tetranychus urticae* فى أول الموسم فى مزارع الخوخ عندما زرعت أرضية هذه المزارع بالنبات *Vicia angustifolia* بدلاً من تركها عارية دون زراعة. هذا وقد قللت الأغطية الأرضية لمزارع التفاح من تعداد المن إلى مستوى منخفض جداً فى بعض السنين، لكنها فى نفس الوقت قللت من معدل نمو الأشجار.

يمكن أن تؤثر الحشائش أيضاً على الأعداء الطبيعية. تخدم الحشائش المتواجدة بين صفوف المحاصيل أو على أرضية مزارع الفاكهة كأغطية أرضية، كما يمكن أن تكون نافعة وفقاً لخصائص نوع الحشيشة، والأعداء الطبيعية المرتبطة بها، ومستوى المنافسة مع المحصول القائم. فى مزارع قصب السكر، وجد أن الأنواع الحشائشية الضعيفة المُنافسة تشجع المفترسات وبصفة خاصة نمل الحرائق الأحمر *Solenopsis invicta* وهو مفترس رئيسى لحفار قصب السكر *Diatraea saccharalis*. على العكس من ذلك، فقد رفعت الحشائش مستوى الإصابة بالآفة *Mythimna separata* حوالى ١٠ مرات مما أدى إلى خفض المحصول بمعدل ٣٠%. كانت نسبة التطفل بطفيل هذه الآفة *Apanteles ruficrus* أعلى فى المساحات الخالية من الحشائش. وكما هو الحال فى الأغطية الأرضية، فإن تأثير الحشائش يختلف من موقع لأخر ويتطلب إجراء الإختبارات لتحديد مدى الفائدة من تواجده مع المحصول. وبسبب أن وجود الحشائش يختلف من سنة إلى أخرى (على عكس الأغطية الأرضية التى تزرع)، فإن النتائج أيضاً تختلف من سنة إلى أخرى.

٢- المصادر المجاورة للمحصول Resources adjacent to crop

تفيد النباتات المجاورة للمحصول القائم الأعداء الطبيعية لآفات المحصول بإمدادها بمصادر غذائية من أصل نباتى مثل رحيق الأزهار وحبوب اللقاح. يمكن أيضاً لهذه النباتات أن تعول حشرات مفصلية الأرجل مثل المن التى تمد الأعداء الطبيعية بالمصادر الكربوهيدراتية مثل الندوة العسلية. كما يمكن أيضاً أن تخدم هذه العشائر مفصلية الأرجل كفرائس للمفترسات أو كعوائل للطفيليات التى تهاجم أيضاً آفات المحصول القائم. كذلك يؤكل رحيق الأزهار البرية بواسطة كوامل بعض الأنواع من غشائيات الأجنحة، وتؤدى وفرة هذه الأزهار إلى رفع مستويات التطفل فى بعض الحالات. فعلى سبيل المثال، وجد أن تقسيم حقول الغلال بشرائح من الحشائش والأعشاب البرية المزهرة يزيد من الأغذية المتاحة والكفاءة التناسلية للخنافس الأرضية. هذا وقد وجد أيضاً فى مزارع العنب فى كاليفورنيا أن نطاط أوراق العنب

Erythroneura elegantula يُهاجم بطفيل البيض *Anagrus epos* الذى يتواجد بأعداد كبيرة فقط فى مزارع العنب القريبة من المساحات التى تقع على ضفاف مجاري المياه riparian والتى تحوى نباتات الشليك الأسود البرى .*Rubus* spp. يأوي هذا النبات البرى أيضاً حشرة أخرى من نطاطات الأوراق وهي *Dikrella californica* التى تخدم كعائل يمضى عليه هذا الطفيل فترة بياته الشتوى. هذا وقد أمكن تحفيز طفيل نطاط أوراق العنب فى مزارع العنب بطريقة أكثر فعالية عن طريق زراعة صفوف من أشجار البرقوق مجاورة لمزارع العنب. تعول هذه الأشجار نوع ثالث من نطاطات الأوراق *Edwardsiana prunicola* الذى يخدم أيضاً كعائل شتوى لهذا الطفيل. يستجيب نطاط أوراق البرقوق للتناول الزراعى أكثر من نطاط أوراق الشليك الأسود الذى لا تنمو عشائره جيداً على نباتات الشليك الأسود البعيدة عن المواطن الضفية (التى تقع على ضفاف المجارى المائية). وجد نظام مماثل لذلك فى تركيا عندما إرتفعت معدلات التطفل بطفيل نطاط الأوراق عند زراعة النباتات البرية .*Rosa* spp و .*Rubus* spp التى تعول عوائل بديلة من نطاطات الأوراق لطفيل البيض بجوار مزارع العنب.

٣- تهيئة المآوى refuges للأعداء الطبيعية فى الفترات غيرالمحببة

فى عديد من النظم الزراعية، تتواجد فترات غير مناسبة لنمو وتكاثر الأعداء الطبيعية، مثل فترات الشتاء القارص أو مواسم الجفاف أو فترات عدم تواجد المحصول. يتطلب الحفاظ على الأعداء الطبيعية الحاجة إلى تواجدها طوال العام بما في ذلك تلك الفترات من عدم نشاطها. تمضى بعض من الأعداء الطبيعية تلك المواسم فى الحقول على بقايا المحصول، وفى مثل تلك الحالات فإن التعامل وإدارة مثل هذه المواد يكون هاماً للحفاظ على حياة مثل تلك الأنواع من الأعداء الطبيعية. فى حالات أخرى، تمضى الأعداء الطبيعية الهامة هذه المواسم غير المحببة خارج نطاق المحصول القائم ولذا يكون من المهم لمثل هذه الأنواع معرفة أين وتحت أى الظروف تمضى هذه الأعداء الطبيعية تلك الفترات. يتطلب الأمر دراسة الإحتياجات البيئية لتلك الأنواع، وبمجرد معرفة هذه الإحتياجات، يمكن تكييف الظروف المجاورة للمحصول بهدف زيادة أعداد ونوعية مثل تلك المواقع التى تأوى إليها تلك الأنواع من الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال، زراعة مناطق بالحشائش مجاورة للمحصول هيّأ مكاناً مناسباً تمضى فيه مفترسات مَنْ الغلال فترة البيات الشتوى مما أدى إلى زيادة تعدادها فى الموسم التالى. أيضاً زراعة مصدات للرياح من أشجار الكافور حول مزارع الخوخ فى استراليا هيّأ مأوى مناسبة لتمضية فترة الشتاء بالنسبة للعناكب المفترسة مما شجع إستيطانها تلك المزارع خلال فصل الربيع.

هـ - إمداد الغذاء أو المأوى Providing food or shelter

يمكن فى بعض الحالات تشجيع حياة وتكاثر الأعداء الطبيعية بالتزويد المباشر من الغذاء أو العوائل أو المأوى. يقترب هذا المنظور من تناول الأغطية الأرضية والحزام الأخضر الذى يهدف أيضاً إلى تعظيم هذه المصادر، لكنه يختلف فى أن هذه المصادر تزود مباشرة بواسطة المزارع وليس عن طريق تعديل أو تحوير المناطق الخضراء. ولنجاح هذا الأسلوب يجب أن تكون تلك المصادر رخيصة نسبياً وتؤدى إلى نسبة موت كبيرة للآفة بما يغطى تكاليف تلك المواد وعمالتها.

من بين تلك المصادر الغذائية التى تتطلبها الأعداء الطبيعية الكربوهيدرات لإنتاج الطاقة، والبروتينات للنمو والإنتاج. فى الطبيعة، يمكن الحصول على الكربوهيدرات من سوائل الفريسة أو العائل، ومن الندوة العسلية لحشرات متشابهة الأجنحة، ومن رحيق الأزهار والمواد النباتية الأخرى الغنية بالسكريات. كذلك تكون أزهار النباتات البرية والحشائش المزهرة داخل المحصول، والأغطية الأرضية والحزام الأخضر حول المحصول كلها مصادر جيدة للكربوهيدرات. عندما تكون هذه المصادرغير كافية فلابد أن تزود صناعياً، فعلى سبيل المثال يكون طفيل البيض *Edovum puttleri* المتطفل على بيض خنفساء الكلورادو *Liptinotarsa decemlineata* غير فاعل فى النصف الأول من الموسم الزراعى عندما تفتقر نباتات البطاطس إلى حشرات المن (مصدر الندوة العسلية). تحت مثل هذه الظروف يكون من المفيد تعويض هذا الفقد برش محاليل سكرية أو مولاس.

تعتبر المصادر البروتينية مثل البروتين المتحلل أو الخميرة أو حبوب اللقاح من المواد المهمة المطلوبة للإنتاج والتكاثر reproduction لعديد من كوامل الأعداء الطبيعية، ويمكن أيضاً إضافتها صناعياً للمحصول. على سبيل المثال، تم تحفيز التكاثر فى أسد المن *Chrysoperla* spp. فى محصول القطن من خلال إستعمال بروتين متحلل hydrolyzed protein مخلوطاً مع الماء والسكر. وعلى العكس من ذلك، فشل إستخدام مخاليط من العسل والخميرة فى زيادة أعداد المفترس فى مزارع التفاح. تزيد حبوب اللقاح من معدلات نمو بعض أنواع العناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae وتحفز من نسبة الأفراد التى تصل إلى الطور البالغ. هذا وقد إرتبطت زيادة أعداد المفترس الأكاروسى *Amblyseius hibisci* على الموالح بالتركيزات العالية لحبوب اللقاح الخاصة بالنبات *Typha latifollia* كمصدر طبيعى للبروتين. ويبدو أن إستعمال حبوب لقاح هذا النبات صناعياً من الوسائل الممكنة لزيادة تعداد وكثافة بعض أنواع العناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae، وأيضاً لزيادة قدرتها الإفتراسية.

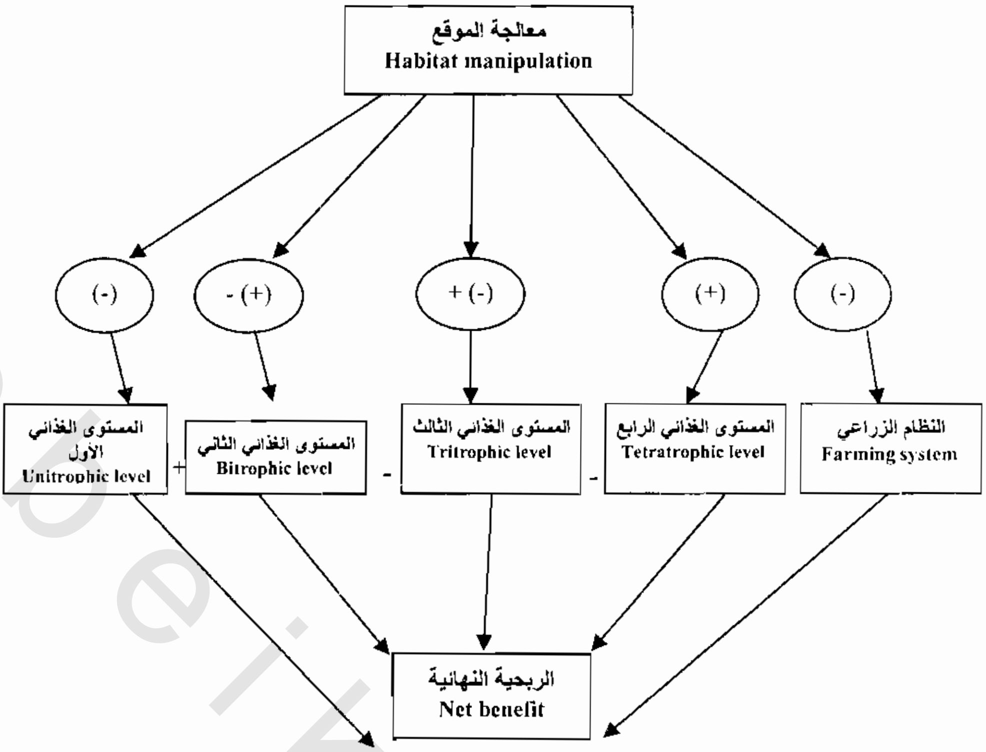
كذلك فإن تهيئة مساحات كمأوى للأعداء الطبيعية، يمكن تدبيره من خلال تحوير التخضير vegetation داخل المحاصيل أو عمل مساحات كحزام حوله، أو تجهيزها صناعياً. أستعملت مآوى خشبية لزيادة كثافات الدبور الأصفر المتوطن *Polistis* فى الأمكان المطلوبة. كذلك أستعملت عشوش صناعية من أكياس بلاستيكية لتناول حشرات النمل وزيادة تعدادتها فى مزارع الكاكاو فى ماليزيا. كذلك أستعملت صفائح فارغة توضع فى حقول الفاكهة لإكثار أعداد حشرة إبرة العجوز فى تلك المزارع. كذلك أستعملت حزم من القش لتحفيز أعداد العناكب المفترسة فى الزراعات الحديثة للأرز، وأستعملت صناديق لتهيئة مواقع لتمضية الشتاء لكوامل حشرات أسد المن *Chrysoperla carnea*. هذا وقد أمكن عن طريق إستخدام صناديق تصلح كعشوش للبومة *Tyto alba* من زيادة تعداداتها فى مزارع النخيل الزيتى فى ماليزيا لمكافحة الفئران.

و- الأمان Safety

تعتبر المكافحة البيولوجية من خلال الحفاظ على الأعداء الطبيعية آمنة جداً، إذ تهدف كل التكنيكات بدرجة كبيرة على تحفيز وتطويع المواطن الطبيعية أو الزراعية بما يناسب نشاط الأعداء الطبيعية وكذلك التقليل من إستعمال المبيدات.

تأثير إجراءات المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستويات الغذائية
Effects of conservative biological control on trophic levels

غالباً ما يكون للمكافحة البيولوجية الحفاظية تأثيراً جيداً على النظام الزراعى ككل وعلى كل من المستويات الغذائية الأربعة (شكل ١٥:٦)، وهى المستوى الأول (النبات)، والمستوى الثانى (ويشتمل على الحشرات وآكلات العشب herbivores)، والمستوى الثالث (ويشتمل على الحشرات والحيوانات المتغذية على المستوى الثانى مثل الطفيليات والمفترسات الحشرية)، والمستوى الغذائى الرابع (ويشتمل على الحشرات والحيوانات المتغذية على المستوى الغذائى الثالث مثل الطفيليات الثانوية). تكون مثل تلك التأثيرات موجبة أو سالبة، هذا وقد يحدث تداخلات هامة، سواء موجبة أو سالبة، بين وداخل تلك المستويات.



شكل (١٥:٦) يوضح أن الربحية النهائية لمعالجة أو تطويع شكل أى موقع يتأثر بعوامل علـــى كـل المـــستويات الغذائية الأربعة وكذا مستوى النظام الزراعى.+ تشير إلى تأثير إيجابى، ـــ تشير إلى تأثير سلبى، (ـــــ) تشير إلى تأثير غير مرغوب (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠).

أولاً: المستوى الغذائى الأول

غالباً ما تكون النباتات المنزرعة، فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية، ذات تأثير إيجابى ومباشر على المحصول المستهدف بالمكافحة. غالباً ما تستخدم النباتات المثبتة للنتروجين مثل البرسيم الأبيض *Trifolium repens* والبرسيم من النوع *T. subterraneum* والبرسيم الأحمر *T. pratense* والبرسيم *T. incarnatum*، والنوع البقولى *Vicia villosa* فى دراسات المكافحة البيولوجية الحفاظية. يرجع ذلك إلى كمية النتروجين المثبت بواسطة تلك النباتات وتأثيرها على نمو المحصول المستهدف، وبذا فهناك تأثير موجب على نمو النبات منوه عنه ب (+) فى شكل (١٥:٦). يجب أن يكون هذا المكسب متوازن مع التأثيرات السلبية الأخرى مثل المنافسة على المتغذيات الأخرى والماء. يتضح التأثير الموجب لهذه التأثيرات من فشل نبات الفاسيليا *Phacelia tanacetifolia* فى أن يتأقلم على حواف حقول البرسيم، إذ أن الأقلمة المبكرة لجذور البرسيم

العميقة تحول دون أقلمة ذلك النبات المستعمل فى معالجة تلك المواقع من خلال المكافحة البيولوجية الحفاظية. لكن من الممكن أن يحدث العكس فى نظم زراعية أخرى ويؤدى هذا إلى إحتمال حدوث تأثير سلبى فى شكل معالجة الموقع على المستوى الغذائى الأول وهذا ما يرمز إليه بـ (-) فى شكل (١٥:٦).

ثانياً المستوى الغذائى الثانى

يهدف التأثير على المستوى الغذائى الثانى إلى خفض تعدادات الآفات المستهدفة. وقد تكون تلك التأثيرات الإيجابية كنتيجة مباشرة لتنوع الكساء الخضرى وهو ما يسمى بفرضية كثافة المصدر resource concentration hypothesis والتى ترتبط بوسائل عثور العاشب على العائل النباتى. ففى الزراعات الوحيدة monoculture يكون هناك تركيز من قبل العاشب تجاه هذا المصدر، أما فى الزراعات المتعددة polyeulture يقل هذا التركيز بسبب تشتت منبهات الرؤية visual stimuli وغيرها من المنبهات مثل منبهات الرائحة odour stimuli وجميعها من الدلائل التى يستدل بها العاشب على النبات المستهدف، وبذا يقل معدل التركيز على النبات المستهدف وتقل فترة التمتع بالبقاء عليه. يمكن أن ينتج أيضاً مثل هذا التأثير الإيجابى على ذلك المستوى عن طريق تحسن وضع الطفيليات والمفترسات والمسببات المرضية، وهى فى مجموعها تمثل المستوى الغذائى الثالث وهو ما يعرف بفرضية الأعداء enemy-hypothesis. هناك بعض الجدل حول المساهمة النسبية لكل من هذين الفرضين، إذ ينظر إليهما على أنهما متنافسين، لكن عند النظر إليهما بمفهوم أشمل حول تأثيراتهما المتعددة على معالجة الموقع أو تطويعه (شكل ١٥:٦) يظهر أنهما يعملان معاً فى توافق حيث يساهم كل منهما فى مكافحة الآفات ويتفاوت التأثير الأكثر فاعلية لكل منهما من حالة إلى أخرى.

غالباً لا يكون تأثير عملية تطويع أو معالجة الموقع habitat manipulation على المستوى الغذائى الثانى دائماً سلبياً على الآفة كما هو مطلوب دائماً لكبح جماح الآفات المستهدفة، إذ قد تحدث تأثيرات غير مرغوب فيها عند معالجة وتطويع الموقع تكون إيجابية بالنسبة للآفة المستهدفة أو لآفة عاشبة أخرى إذا كان ذلك فى صالحها. فعلى سبيل المثال، وجد أن الكثافات العددية ليرقات فراشة أبى دقيق الكرنب *Artogeia rapae* والفراشة ذات الظهر الماسى *Plutella xylostella* منخفضة على محصول الكرنب البروكلى *Brassica oleraceae* فى الزراعات الوحيدة monoculture مقارنة بتعداداتهما على نباتات فى مساحات محاطة أو متداخل معها نباتات منتجة للرحيق.

من الوسائل التى يمكن معها تجنب هذه التأثيرات غير المرغوب فيها على المستوى الغذائى الثانى هو إستعمال نباتات غذائية منتقاه selected food plants، فقد وجد على سبيل المثال، أن نباتات غذائية معينة تكون ذات فائدة كبيرة لكل من دودة درنات البطاطس وطفيلها *Copidosoma koehleri*، ولكن هناك من الدراسات المعملية التى تهدف لتحديد النباتات التى تقدم خدمة منتقاة للعدو الحيوى فقط وليس للآفة. وغالباً ما يكون التركيب الزهرى للنبات ذو أهمية كبرى فى إستفادة العدو الحيوى من النبات والحصول على الرحيق أو حبوب اللقاح مع عدم إتاحيته لفراشات الآفة، وبالتالى فإن زراعة مثل هذه النباتات المنتقاة مثل نباتات *Borago officinalis* و*Tropaeoleum majus* على حواف المحاصيل الإقتصادية تظهر تأثيرات جيدة فى ذلك المجال. يعتبر النبات *Fagopyrum esculentum* من النباتات غير المنتقاه non-selective الذى يقدم خدمة لكل من تلك الآفة وطفيلها معاً.

ثالثا: المستوى الغذائى الثالث

غالباً ما يرتكز تطويع الموقع فى المكافحة البيولوجية الحفاظية على الإفتراض بأن كبح جماح آفة مستهدفة ما ينتج عن طريق تأثيرات المستوى الغذائى الأعلى على المستوى الأقل، أى إلى نشاط الأعداء الطبيعية. ومثل تلك الفرضية يتم تدعيمها بإمداد كوامل الطفيليات بمصادر غذائية لتحسين نشاطها فى الطبيعية. ولسوء الحظ فإن الباحثين فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية عند تسجيلهم للنتائج التى تحصلوا عليها والخاصة بالمستوى الغذائى الثالث لا يسجلوا دائماً البيانات المرتبطة الخاصة بتعدادات الآفة أو الضرر الذى يلحق بالمحصول (النبات). من الإفتراضات العامة المقبولة أن تشجيع العنصرالمضاد (الأعداء الطبيعية) سوف يسهم فى تنظيم تعداد الآفة، إلا أن حماية المحصول الواجبة قد لا يفترض حدوثها فى كل الحالات. فعلى سبيل المثال، فى إحدى الدراسات على أكثر من ٢٠ نوع من ذباب السرفس كان يتم إصطيادها فى مصائد مائية موضوعة فى أحواض من الكرنب محاطة بنبات الأليثم (Allysum) *Lobularia maritime* كمصدر للغذاء. وجد أن ما تم إصطياده من معظم أنواع الذباب كان أكثر عدداً فى المصائد القريبة من نبات الأليثم عنه فى المصائد البعيدة، وأن معظم بيض ذباب السرفس الموضوع فى المحصول كان يتبع نوع واحد فقط مما يدل على أنه من بين كل أنواع الأعداء الطبيعية التى أمكن تشجيعها بواسطة هذا النبات كان هناك نوع واحد فقط من أنواع الذباب الذى ساهم فى خفض تعداد الآفة المستهدفة وكانت المحصلة النهائية أنه لم ينتج أى خفض معنوي فى تعداد الآفة أو خفض فى الضرر اللاحق بالمحصول نتيجة عملية معالجة وتطويع الموقع.

هناك إحتمال نظرى قائم عن إمكانية وجود تاثيرات سالبة نتيجة تشجيع الأعداء الطبيعية (أفراد المستوى الغذائى الثالث). فبالرغم من أن الأعداء الطبيعية تكون مرغوب فيها عند مهاجمتها للعوائل أو الفرائس التى تكون فى الأصل آفات، إلا أن تشجيعها يكون غير مرغوب فيه إذا هاجمت نوع عاشب ليس بآفة. يقل هذا التأثير السيىء فى محاولات تطويع الموقع بالنسبة لأنواع الأعداء الطبيعية المتخصصة عنه فى حالة المفترسات عديدة الفرائس، ولو أنه حتى فى الحالة الأخيرة لا يعتبر الأمر خطيراً فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية، إذ أن هذا المجال يهدف أصلاً إلى تشجيع تعداد الأعداء الطبيعية المحلية والتى غالباً ما تكون متخصصة وذات مدى عوائلى معروف مسبقاً، إضافة إلى أن المكافحة البيولوجية الحفاظية تهدف دائماً إلى زيادة نشاط الأعداء الطبيعية داخل محاصيل معينة أكثر من تشجيع تعداداتها على نطاق حيزى واسع.

رابعاً: المستوى الغذائى الرابع

يعتبر تأثير المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستوى الغذائى الرابع هو الأقل دراسة بين كل المستويات الغذائية بالرغم من أنه قد يكون ذا أهمية كبيرة. فعلى سبيل المثال وجد أن زراعة نباتات مزهرة فى بساتين التفاح أدت إلى زيادة تعداد الطفيل *Anacharis* sp. (Hymenoptera: Figitidae) المتطفل على أسد المن البنى *Micromus tasmaniae*. ولحسن الحظ فإن هذا النوع من أسود المن غير ذي أهمية كمفترس لأى من آفات التفاح الرئيسية في نيوزيلندا، إلا أنه ذا أهمية كبيرة فى النظم الزراعية فى أستراليا. لذا يجب أن يتم الإهتمام بدراسة تلك التأثيرات المحتملة لتطبيق المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستوى الغذائى الرابع.

التأثير على مستوى النظام الزراعى Farming system-level-effect

تتأثر المحصلة النهائية لإستراتيجية معالجة الموقع بعوامل أخرى خلاف تلك المتعلقة بالمستويات الغذائية، وهذه تشمل حساب التكاليف نسبة إلى أرباح تلك المعالجة cost : benefit. كانت أكثر الدراسات التى تمت بالتفصيل حول هذا الموضوع هى التى أجريت فى إنجلترا وذلك بترك شرائح كمآوى shelter strips داخل حقول القمح وكانت تكاليف إنشاء تلك الشرائح داخل مساحة ٢٠ هيكتار قمح بالإضافة إلى قيمة الفاقد فى المحصول من خلال المساحة التى لم تزرع بالمحصول كانت تعادل ١٣٠ دولاراً أمريكياً ولكن كانت تكاليف إبقاء تعدادات حشرات المن تحت الحدود الإقتصادية تعادل ٤٥٠ دولاراً أمريكياً وتكاليف تجنب نسبة ٥% من الفقد بواسطة المن تعادل ١٠٠٠ دولاراً أمريكياً وبالتالى فقد أظهرت مثل هذه الدراسة الأهمية الإقتصادية لإعتماد المزارع الإنجليزي على إعداد تلك الملاجئ أو المآوى. وفى المستقبل ربما تخضع

تكاليف بعض صور المعالجة لبحوث توضح العوامل الرئيسية التى تؤثر على تلك المعاملات. فعلى سبيل المثال، فإن إضافة النباتات المزهرة كمصدر للغذاء لجيل معين من أجيال أحد الأعداء الطبيعية متعددة الأجيال multivoltine natural enemy لضمان وجود تعدادات عالية من الأعداء الطبيعية خلال الموسم قد يكون ذا أهمية. علاوة على الأرباح التى قد تتحقق فإنه لا يجب إغفال التكاليف الخفية لإستخدام المبيدات لمكافحة الآفات مثل التأثير على البيئة والصحة ... إلخ.

إن تطبيق المكافحة البيولوجية الحفاظية يكون لها منافع أيضاً للحفاظ على الطبيعة، فعلى سبيل المثال، فإن المزارعين فى إنجلترا يدفعوا للحكومة رسوم معينة وذلك من أجل المحافظة على شرائح الحشائش الخضراء grassy strips والتي تستخدمها الأعداء الطبيعية كمواطن لتقضية الشتاء overwintering habitats. أيضاً تعتبر تلك الشرائح مواطن تستخدمها الطيور فى التعشيش والتي يصعب عليها تقضية الشتاء فى شمال إنجلترا خارج هذه المواقع. وبالتالى فإن لها دور هام فى الحفاظ على التنوع الحيوي biodiversity خلاف دورها فى تحسين مكافحة الآفات الحشرية والأكاروسية الزراعية.

من الواضح إذن أن المكافحة البيولوجة الحفاظية وما يتبعها من ربحية نهائية net profit تتأثر بمجموعة من العوامل التى تعمل من خلال كل المستويات الغذائية السابق ذكرها إضافة إلى تأثيرها على مستوى النظام الزراعى (شكل ٦:١٦). والسؤال إذن كيف يمكن بلورة كل هذه العوامل فى شكل برنامج عمل مركز يضمن نجاح إستراتيجيات المكافحة البيولوجية الحفاظية. تقع صعوبة تطبيق هذا عملياً عند تجميع مجموعة الأسئلة المحتملة التى ترتبط بالمستويات الغذائية الأربعة السابقة كما يتضح من جدول (٦:٦).

تحليل للدراسات الحديثة

فى عرض لتسعة عشر دراسة تفصيلية لتطويع أو معالجة الموقع habitat manipulation وتأثيرها على الأعداء الطبيعية (المستوى الغذائي الثالث) كانت ١٧ منها ناجحة، بينما لم تعط دراستين فقط نتائج جيدة والجدول التالى، (جدول ٦:٧) يوضح تلك النتائج.

جدول (٦:٦) بعض الأسئلة التى يجب أن يضعها الباحثون أثناء تنفيذ المكافحة البيولوجية الحفاظية

المستوى الغذائي	السؤال
المستوى الغذائي الأول	١- هل الضرر بالمحصول تناقص أو تم تجنبة كلية؟ ٢- هل تأثر المحصول النهائى؟ (على سبيل المثال تثبيت النتروجين والمنافسة من أجل الماء) ٣- هل زادت القيمة التسويقية للمحصول؟
المستوى الغذائي الثانى	١- هل تم الحفاظ على تعداد الافة المستهدفة دون الحد الإقتصادى للضرر؟ ٢- هل حدثت زيادة فى تعدادات آفات أخرى؟ ٣- هل يمكن إستبدال المبيدات بعملية تطويع أو معالجة الموقع؟ لو كان لا... ٤- هل التكامل بين المبيدات وتطويع الموقع تؤثر على كفاءة العدو الحيوى؟ ٥- هل زادت نسبة الإفتراس أو التطفل بالنسبة للآفة المستهدفة؟
المستوى الغذائي الثالث	١- هل تم إصطياد كثير من الأعداء الطبيعية بالقرب من الموقع المعالج (الأزهار) مقارنة بالكنترول؟ ٢- هل الأعداء الطبيعية أكثر تعداداً داخل أو بالقرب من المحصول المستهدف بالمكافحة؟ ٣- هل الأعداء الطبيعية أكثر قدرة تناسلية؟ هل أثر ذلك على النسبة الجنسية؟ هل تعيش الأنثى أطول عند التغذية عل تلك الأزهار؟ ٤- هل تحسن السلوك البحثى لتلك الأعداء الطبيعية فى تلك المواقع؟ ٥- هل تناقص وقت التناول handling time للأعداء الطبيعية (الوقت اللازم للتطفل على العائل أو لإفتراس فريسة)؟ ٦- هل تلك الممارسات تحمى الأعداء الطبيعية من العوامل البيئية المتطرفة (حرارة ورطوبة عالية أو منخفضة)؟
المستوى الغذائي الرابع	١- هل تزايدت تعدادات الأعداء الطبيعية المتطفلة على أو المفترسة للأعداء الطبيعية فى المستوى الغذائي الثالث؟ ٢- هل أثر ذلك على كفاءة الأعداء الطبيعية المرغوب فيها (المستوى الغذائي الثالث)
النظام الزراعى farming system	١- هل معالجة الموقع مقبولة وجذابة من الناحية المحصولية والزراعية بالنسبة للمزارعين التقليدين أم المزارعين المطبقين للزراعات العضوية فقط؟

المستوى الغذائي	السؤال
	٢- هل تلك الممارسات ثابتة وموجودة من عام لآخر (مثل الشرائح التى تترك كمأوى) أم تحتاج إلى إعادة زراعتها (مثل زراعة النباتات الموسمية فى حواف المحصول المستهدف). ٣- هل هناك مزايا أخرى بالإضافة للمنافع المحصولية مثل زيادة أعداد الطيور وحمايتها من الصيد وكذلك المحافظة على الأنواع الأخرى؟ ٤- هل تكلفة ممارسات الحفاظ على الموطن ومعالجتة مقبولة إقتصادياً؟ ٥- هل هناك ميزة تسويقية marketing advantage لتلك الممارسات؟

(جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠).

جدول (٧:٦) إحصائية ببعض الدراسات الحقلية لمعالجة أوتطويع الموقع والتى توضح التأثير على المستوى الغذائى الثالث.

م	هدف الدراسة	التاثير
١	زيادة تعداد العناكب فى القمح بواسطة عمل حفر فى الأرض	+
٢	التأثيرات على الخنافس الأرضية فى زراعات الكرنب مع البرسيم.	-/+
٣	تأثير الأراضى المنزرعة على زيادة تعداد العناكب.	+
٤	تعداد العناكب فى مزارع العنب مع أو بدون غطاء التربة.	-/+
٥	عدد الطفيليات فى مزارع التفاح فى حالة وجود أشرطة كمآوى والفول ككساء أخضر.	+
٦	عدد ذباب السرفس المفترس للمن فى محاصيل الحبوب المنزرع على حوافها نباتات مزهرة.	+
٧	عدد الحشرات والعناكب فى حقول الشعير مع أو بدون الإجراءات الحفاظية.	+
٨	وجود طفيليات غشائية الأجنحة المتطفلة على حشرات حرشفية الأجنحة مع وجود النباتات البرية المزهرة.	+
٩	زيادة معدل معيشة المفترسات الأكاروسية فى الشتاء فى محصول النعناع.	+
١٠	عدد نطاط أوراق العنب الغربى فى بساتين البرقوق بالقرب من العنب	+
١١	تعداد المفترسات الأكاروسية فى مزارع التفاح مع تغطية الأرض	O
١٢	تعداد طفيليات غشائية الأجنحة المتطفلة على حشرات حرشفية الأجنحة فى الذرة مع تغطية الارض	+

م	هدف الدراسة	التاثير
١٣	المفترسات الأكاروسية فى الموالح مع وجود حشيشة *Rhodes* وكذلك أشجار مصدات الرياح.	+
١٤	مفترسات شبكية الأجنحة على المن فى البكان مع تغطية التربة.	+
١٥	الأعداء الطبيعية لحشرات المن فى القمح مع وجود شرائح من الأعشاب	+
١٦	الأعداء الطبيعية للأفات بالنسبة للتراكيب الحدودية للمحصول	+
١٧	الأعداء الطبيعية فى فول الصويا مع أو بدون التحميل مع محاصيل أخرى.	+
١٨	تأثير المفترسات الأكاروسية على الأشجار المحيطة بمزارع التفاح.	+
١٩	مفترسات ذباب السرفيس المرتبطة بالمن فى القمح والمنزرع على حدوده نباتات *Phacelia* sp.	O

+ تعنى تأثير إيجابى، ــ تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، -/+ النتائج ليست ثابتة (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠)

تم أيضاً دراسة أوسع على ٢١ حالة وتأثيراتها على المستوى الغذائى الثانى والثالث (الأعداء الطبيعية) (جدول ٦:٨). أظهرت معظم النتائج (١٩ من ٢١ حالة) نجاحاً فى التأثير النافع على المستوى الغذائى الثالث، كما أظهرت ١٥ حالة من الـ ٢١ حالة تأثيراً على المستوى الغذائى الثانى بسبب زيادة تعدادات الأعداء الطبيعية. كما تم تسجيل حالة واحدة غير ناجحة أظهرت زيادة فى تعداد الآفة وقد عزى هذا إلى نباتات الغطاء الأرضى التى عملت كبالوعة للأعداء الطبيعية أبعدت نشاط معظمها بعيداً عن المحصول المستهدف.

جدول (٨:٦) إحصائية ببعض الدراسات التى تمت لمعالجة الموقع وتأثيرها على المستوى الغذائي الثانى والثالث.

م	هدف الدراسة	المستوى الغذائى الثانى	المستوى الغذائى الثالث
١	دراسة تأثير تغطية الأرض فى بستان التفاح على تعداد الحشرات المتغذية على النباتات وكذلك المفترسات الأكاروسية.	+	+
٢	دراسة تعداد الأعداء الطبيعية للمن فى القمح المنزرع على حوافه نباتات الكانولا Canola.	O/+	−/+
٣	دراسة مفترسات أبو العيدات فى محصول البكان عند تغطية التربة.	O	+
٤	دراسة تأثير الحشائش فى الذرة على حشرات حرشفية الأجنحة ومفترسات أبو العيدات.	+	+
٥	دراسة مفترسات السرفس على المن فى محاصيل الحبوب مع أو بدون المعاملة بمبيدات الحشائش.	+	+
٦	دراسة إستخدام نباتات الغطاء الأخضر وتأثيرها على المن ومفترسات أبو العيدات.	−	−
٧	دراسة التأثير على المن والأعداء الطبيعية فى حقول الشوفان المحمل مع الفول البلدى.	O/−	−
٨	دراسة مفترسات السرفس والمن فى حقول القمح مع أو بدون وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحواف.	O /+	O /+
٩	دراسة تأثير عدم حش الملاجىء refuges على الأعداء الطبيعية لآفات نبات Lucerne.	+	+
١٠	دراسة تأثير القش والسباخ على الخنافس الأرضية وذبابة جذور الكرنب فى الكرنب.	O	+
١١	دراسة تعداد العناكب فى القمح المنزرع مع شرائح من الحشائش.	O	+
١٢	دراسة تعداد طفيليات غشائية الأجنحة لآفات الذرة بالنسبة للتركيب المحصولى	+	+
١٣	دراسة تأثير التطفل على نطاط العنب الغربى على أشجار البرقوق بالقرب من العنب.	+	+

م	هدف الدراسة	المستوى الغذائى الثانى	المستوى الغذائى الثالث
١٤	دراسة تأثير طفيليات ثاقبات الذرة فى ذرة محملة مع نبات *Leucaena*.	−/+	+
١٥	دراسة مفترسات خنفساء الكلورادو مع وجود أو عدم وجود نباتات التغذية food plants.	+	+
١٦	دراسة التأثير على الأعداء الطبيعية للآفات فى النظام الزراعى للغابات.	+	+
١٧	دراسة التأثير على ثاقبات الذرة وطفيلياتها مع وجود الحشائش فى الذرة.	O	O
١٨	دراسة تأثير المادة العضوية على الأعداء الطبيعية فى الأرز.	+	+
١٩	دراسة تأثير مصادر الرحيق على نطاط الاوراق وطفيلياتها فى البساتين.	+	+
٢٠	دراسة مفترسات الآفات فى محاصيل العائلة الصليبية مع وجود أو عدم وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحدود.	O/+	+
٢١	دراسة طفيليات غشائية الأجنحة فى أرض منزرعة بالبراكولى مع وجود أو عدم وجود نباتات كمصدر للرحيق.	O/−	+

+ تعنى تأثير إيجابى، ـــ تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، −/+ النتائج ليست ثابتة (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠)

ما زال هناك دراسات قليلة عبر المستويات الغذائية التى أخذت فى الإعتبار مستويات الضرر بالنسبة للمحصول وغيره من أوجة النشاط الزراعى كما يتضح فى جدول (٦:٩).

جدول (٩:٦) بعض الدراسات التى درست عن تأثير معالجات الموقع habitat على المستوى الغذائي الأول والثانى والثالث والنظام الزراعى.

م	هدف الدراسة	المستوى الأول	المستوى الثانى	المستوى الثالث	مستوى النظام الزراعى
١	طفيليات غشائية الأجنحة لآفات الطماطم المحملة مع الكرنب.	O	+	+	n
٢	طفيليات غشائية الأجنحة لفراشة درنات البطاطس المنزرع على حدودها نباتات مزهرة كمصدر للغذاء	–	-/+	+	n
٣	الأعداء الطبيعية للمن فى حقول القمح مع وجود أو عدم وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحواف.	n	O	+	+
٤	طفيليات ثاقبات الذرة المحمل معها الحشائش.	+	+	+	n
٥	التأثير على آفات حرشفية الأجنحة وطفيلياتها فى وجود شرائح نباتات الكولارد فى حقول الكرنب.	O	O	+/O	n
٦	التأثير على ذبابة الجزر والأعداء الطبيعية فى المحاصيل التحميلية والأغطية mulches.	+	N	O/+	n
٧	الأعداء الطبيعية لآفات فول الصويا مع وجود أو عدم وجود ممرات corridors غير منزرعة.	O	-/+	+	+
٨	الأعداء الطبيعية لآفات حرشفية الأجنحة فى الكرنب المحمل مع البرسيم.	+	-/+	+	+
٩	مفترسات المن فى القمح مع وجود شرائح من الحشائش كمأوى.	n	n	+	+

+ تعنى تأثير إيجابى، ـــ تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، n تعنى عدم وجود بيانات ثابتة (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠).

يبدو أن معدلات النجاح الكامل التى تم عرضها فى الثلاث جداول السابقة يظهر فيها درجة عالية من التحيز إذ من البديهى أن الدراسات التى فشلت فى تحقيق أى فائدة عادة لا تنشر، وعلى كل فمن الواضح أن معظم الدراسات ركزت على التأثير على المستويين الغذائيين الثانى والثالث، بينما لم تلق نوعية المحصول وغلته إلا أقل القليل من الدراسات.

وعموماً فإنه يلزم للمشتغلين فى برامج المكافحة البيولوجية الحفاظية أن يواجهوا بعض التحديات وذلك لتعظيم الإستفادة من تلك البرامج ومن هذه التحديات:-

١- إنتقاء الأنواع النباتية بعناية فائقة عند إستخدامها فى معالجة الموقع.

٢- إكتشاف التأثير على الأعداء الطبيعية بأسلوب معالجة الموقع.

٣- معرفة وتجنب التأثيرات السلبية من تنوع الموقع.

٤- تنمية الطرق التى تحقق أكبر قدر من العائد المتوقع للمزارعين مع سهولة التطبيق.

وعلى الرغم من النجاحات التى تحققت فى هذا المجال إلا أن معظم الأبحاث التى حققت نجاحات هى أبحاث حديثة مما يوضح أن هذا الفرع من المكافحة البيولوجية هو علم حديث النشأة مقارنة بالفروع الأخرى وهو له تأثير واضح خاصة إذا تم التطبيق بالتزامن مع المكافحة البيولوجية الكلاسيكية ولكن ما هو معروف جيد أن المكافحة البيولوجية يجب أن تطبق من خلال برنامج الإدارة المتكاملة للآفات ولا يمكن تطبيقها بمفردها لمكافحة آفات محددة.

دور المكافحة البيولوجية فى تدعيم الحفاظ على الطبيعة

Biological control in support to uature conservation

كثيراً ما تُغزى، وبصفة منتظمة، النظم البيئية الطبيعية، والمحميات البيولوجية وغيرها من المسطحات المائية والزراعية غير المأهولة وذات الأهمية فى الحفاظ عليها، بعديد من الأنواع النباتية والحيوانية غير المتوطنة. تعكس هذه الغزوات، فى جزئية منها، مستوى النشاط الآدمي فى المنطقة. تهدد بعض هذه الأنواع الدخيلة إستمرار بقاء الأنواع النباتية أو الحيوانية المتوطنة، إما عن طريق منافستها أو الهجوم المباشر عليها، بينما يغير البعض الآخر من الخصائص الأساسية والنظم البيئية التى يغزوها جاعلاً إياها أقل ملائمة لإستمرار بقاء مجموعة كبيرة من الأنواع المتوطنة. غالباً ما يكون التغلب على مثل هذه الأنواع الدخيلة بالوسائل الكيميائية والميكانيكية غير كاف، فالوسائل الكيميائية لها خطورتها على البيئة وتلوثها، وكذا إتلافها للأنواع غير المستهدفة، إضافة إلى التكاليف، أما الوسائل الميكانيكية فبسبب تكاليفها وصعوبة إستخدامها فى مساحات كبيرة. وهنا تقدم المكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أعداء طبيعية متخصصة فى مهاجمة الأنواع الدخيلة غير المرغوبة، طريقة مثلى لحل مثل هذه المشكلة فى كثير من الحالات.

أ- مفهوم البيئة النقية من خلال المكافحة البيولوجية:

المحميات الطبيعية هى مساحات أرضية أو مائية متجاورة بغرض الحفاظ الدائم على نماذج لأنظمة بيئية معينة certain kinds of ecosystem، أو هى مواطن خاصة لتعدادات أنواع نادرة أو ذات قيمة. يمكن أيضاً أن تكون المساحات الأرضية والمائية التى ليست مخصصة للحفاظ على البيئة (أراضى خاصة متروكة بحالتها الطبيعية أو أراضى حكومية أو تجارية لم يرتادها أحد أو قليلة الإرتياد) مساحات هامة للحفاظ على الطبيعة.

يعتبر غزو وإستيطان مثل هذه المساحات بأنواع نباتية أو حيوانية غير متوطنة من أحد العوامل التى تهدد إمكان إستمرارية هذه المساحات فى تهيئة المأوى المناسب لأنواعها النباتية أو الحيوانية المتوطنة، أو لكى تحافظ على بقاء النظام البيئى بتكوينه الأصلى. وحقيقة، تكون كل المساحات عرضة لتكرار دخول أنواع نباتية أو حيوانية مهاجرة أو دخيلة. تختلف الأنواع الدخيلة من مناطق مجاورة فى قدرتها التوسعية عن تلك التى تأتى من مناطق أو مسافات بعيدة. ففى الحالة الأخيرة، يمكن أن تصل الأنواع المهاجرة فى غياب أكثر أعدائها الطبيعية المتخصصة فاعلية، و بالتالى تكون قادرة على تحقيق كثافات أوسع فى المنطقة الجديدة. وعلى العكس من ذلك، فإن الأنواع التى تأتى الى البيئة الجديدة من خلال مدى توسعى مستمر (من مناطق متأخمة)، غالباً ما تكون أعدائها الطبيعية التى تؤثر عليها فى موطنها الأصلى مصاحبة لها. وغالباً ما تنتشر مثل هذه الطفيليات فى البيئة الجديدة متلازمة التوسع فى إنتشار عوائلها. فعلى سبيل المثال، فإن الطفيليات التى تهاجم فراشة الغجر *Lymantria dispar* قد تحركت، بمضى الوقت جنوباً وغرباً فى الولايات المتحدة الأمريكية مع عوائلها التى توسعت فى مداها وإنتشارها. وهذا، على العكس، ما لم يحدث فى الحالات التى تواجدت فيها جماهير الفراشة بالإنتقال من مسافات بعيدة (على سبيل المثال عندما تتحرك كتل البيض بالإلتصاق بالمركبات vehicles) إلى مناطق أبعد لإنتشار أعدائها الطبيعية ذات القوة المؤثرة عليها. فى مثل هذه الحالات، فإن الأعداء الطبيعية للطور المنتقل يمكن أن تصاحبه أو لا تصاحبه فى البيئة الجديدة، لكن الأعداء الطبيعية المتخصصة على الأطوار الأخرى (طفيليات اليرقات والعذارى والمفترسات) سوف تترك فى الموطن الأصلى.

وهنا تبرز أهمية المكافحة الحيوية فهى الطريقة المؤثرة لمكافحة الأنواع الدخيلة التى تغزو مناطق بعيدة عن مداها الأصلى تاركة وراءها أعدائها الطبيعية. يستخدم مصطلح "الآفة البيئية" environmental pest لوصف النوع الدخيل الذى يدمر المحميات ذات القيمة، وأن أى تحرك

لمكافحتها هو فى المبدأ لحماية الطبيعة والنظام الطبيعى أكثر من حماية الزراعات والغابات. ومن بين مختلف الأنواع من الكائنات التى لابد وأن تغزو النظم المتوطنة، فقد أستخدمت المكافحة البيولوجية غالباً ضد النباتات الوعائية vascular plants ومفصليات الأرجل غير البحرية. وبصفة عامة، فإن الثدييات والطيور وغيرها من الفقاريات كانت أقل إستهدافاً لبرامج المكافحة البيولوجية، لكن الفرصة متاحة أيضاً للمكافحة البيولوجية للافقاريات من غير مفصليات الأرجل وللنباتات غير الوعائية، لكن حتى اليوم، فهناك محاولات قليلة نسبياً أجريت لمكافحة الآفات الدخيلة فى هذه المجاميع من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية.

بدأ مفهوم الإصلاح البيئى من خلال إستعمال المكافحة البيولوجية مع حقيقة أن الأنواع الدخيلة غالباً ما تغزو النظم المتوطنة. تدمر بعض هذه الأنواع أفراد الأنواع المتوطنة، أو الخصائص الرئيسية للنظام البيئى للدرجة التى يصبح علاجها أمراً مرغوباً. قد لا تكون الأنواع الدخيلة ضارة للنظم المتوطنة بصفة ثابتة، إذ أن العديد منها قد يتداخل مع الفونا أو الفلورا ببساطة شديدة كأنواع إضافية متواجدة لكنها غير ضارة بالبيئة أو تكون ذات كثافة عالية بدرجة متزايدة. يرجع هذا، جزئياً، كنتيجة لمهاجمتها بالأعداء الطبيعية المحلية، فعلى سبيل المثال ما حدث للقوقع الأرضى الإفريقى العملاق *Achotina fulica* بسبب إفتراسه بواسطة المفترس السرطانى المحلي *Gecarcoidea nutalis*. قد يعتمد أيضاً تأثير هذه الأعداء الطبيعية المحلية على عوامل أخرى بيئية مثل مدى عدم إستقرار الموطن habitat . وعلى كل فإن الأعداء الطبيعية المحلية عادة ما تكون غير مؤثرة أو فاعلة فى خفض الأعداد المتزايدة من جمهور الآفة الدخيلة. فى بعض الحالات، قد يحد الضغط التنافسي من إنتشار الأنواع الدخيلة لبعض الكائنات المتوطنة المشتركة معها فى السلسلة الغذائية. فعلى سبيل المثال، هناك العديد من أنواع الآفات الدخيلة التى فشلت فى أن تصبح آفات مؤثرة إقتصادياً بسبب عامل المنافسة. أما فى الحالات التى لا يكون هناك تأثير سواء من الأعداء الطبيعية المحلية أو من الأنواع المحلية المنافسة لها، فإن الأنواع الدخيلة تصبح آفات بيئية خطيرة. وحيثما أصبحت الأنواع الدخيلة آفات بيئية، فإن تأثير تلك الأنواع على النظام البيئى والأنواع الرئيسية المتوطنة يمكن إعادة توازنه من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية الغائبة لهذه الأنواع. يعتمد نجاح المكافحة الحيوية فى هذه المواقع على أربع عوامل:

١- لابد أن يكون للأنواع الدخيلة أعداءً طبيعية فى مواطنها الأصلية والتى تسهم فى خفض تعداداتها.

٢- يجب أن تكون هذه الأعداء الطبيعية غائبة فى المناطق التى تم غزوها حديثاً.

٣- يجب أن تكون هذه الأعداء الطبيعية غير ضارة بالأنواع الأخرى ذات الأهمية فى مناطق الإطلاق.

٤- لابد أن تقلل هذه الأعداء الطبيعية من معدل معيشة وتكاثر (أو المنافسة فى حالة النباتات) النوع الدخيل المستهدف، وهذا يؤدى بالتالى إلى تقليل كثافته فى المنطقة المستهدفة.

تحتاج الثلاث عوامل الأولى إلى تقديرها قبل إستيراد الأعداء الطبيعة، أما العامل الرابع، فإنه يحدد من خلال الدراسات الحقلية التالية لتقويم فعالية نوع أو أكثر من الأعداء الطبيعية المستوردة.

ب- العوامل المشجعة على غزو الأنواع الدخيلة:

قبل البدء فى دراسة تأثيرات الأنواع الدخيلة على الحفاظ على النظم البيئية، والطرق اللازمة لتقليل تأثيرها المدمر من خلال برامج المكافحة البيولوجية، هناك حاجة للوقوف على العمليات التى تسهل غزو تلك الأنواع، وبالتالى توطيدها فى الوطن الجديد. من هذه العوامل تحريك الإنسان للنباتات والبضائع، وعدم إستقرار الموطن، وتكرار أو شدة الأحداث مثل الحرائق والفيضانات، والغزوات السابقة للأنواع الأخرى غير المتوطنة.

١- تحريك الإنسان للنباتات والبضائع:

إن تحريك النباتات والحيوانات بين المواقع المتباعدة من الموطن عملية عادية الحدوث مؤدية إلى إستقرارها وتوطينها فى المواقع الجديدة. تسهم بدرجة كبيرة عملية تحريك الإنسان للنباتات والحيوانات سواء عمداً (عديد من الطيور، أنواع كثيرة من الغزلان وغيرها من حيوانات الصيد، نباتات زينة، أنواع عديدة من الأسماك وطيور الزينة من مختلف الأنواع)، أو عرضياً (صدفة) (الحشائش، عديد من مفصليات الأرجل العاشبة مرتبطة بالنباتات التى تنقل بواسطة الإنسان بين المواقع المختلفة، عديد من آفات مفصليات الأرجل وبعض الممرضات النباتية مع المواد التى يتم تحريكها بين المواقع مثل التربة، الأخشاب، والفقاريات مثل الفئران والجرزان) فى دخول الأنواع الجديدة إلى النظم البيئية المحلية. وبينما كانت معظم الأنواع الدخيلة من مفصليات الأرجل التى أصبحت آفات نتيجة غزو عرضى، إلا أن بعض الحشائش الهامة أستوردت عمداً كنباتات للزينة أو لأسباب أخرى وأخيراً أصبحت حشائش نتيجة لإنتشارها وتكاثرها وقوتها التوسعية فى المنطقة الجديدة، فعلى سبيل المثال، أستوردت الحشيشة *Eragrostis lebmanniana* كنوع من أنواع الكلأ من جنوب أفريقيا إلى الأريزونا سنة ١٩٣٢ ولكن سرعان

ما أنتشرت وشغلت ما يزيد عن ١٤٥,٠٠٠ هكتار من أراضى نصف صحراوية وحلت محل الحشائش المتوطنة.

كذلك ساعدت سرعة الطيران على أن تعيش مثل تلك الكائنات فترة طويلة تسمح لها بالوصول حية إلى مواقع بعيدة. فعلى سبيل المثال وصل عدد الكائنات المهاجرة إلى جزر هاواى إلى متوسط قدره ١٩-٢٠ نوعاً خلال الفترة من ١٩٦٢-١٩٨٥ وأصبحت كائنات مستقرة ومتوطدة هناك، وكانت معظم هذه الأنواع مرتبطة بتحريك الإنسان للنباتات وغيرها من البضائع وتحول ١٦% من هذه الأنواع إلى آفات.

٢- عدم إستقرار (زعزعة) الموطن Habitat disturbance

يزيد عدم إستقرار أو زعزعة الموطن من إحتمالية أن الكائنات المتواجدة من الأنواع الدخيلة التى تصل الى المواقع الجديدة سوف تعيش كتعدادات كبيرة وتصبح أكثر إستقراراً وتوطيداً. على سبيل المثال، تهيئ زعزعة التربة (بسبب العمليات الزراعية، الحش المفرط، الحرائق، الفيضانات) مواقع نمو لأنواع نباتية دخيلة جديدة، وحيث يقل ضغط المنافسة على الأقل مؤقتاً، من النباتات المحلية أو تلك التى سبق وتوطدت. من أمثلة ذلك نباتات التين الشوكى *Opuntia* sp. فى أستراليا وجنوب أفريقيا. تكون أراضى المراعى المحشوشة حشاً جائراً أكثر قابلية للغزو، وبصفة خاصة بحشائش دخيلة شرسة، خاصة إذا كانت ذات طعم غير مستساغ بسبب وجود أشواك أو مواد سامة بها وذلك بسبب أن الحش الجائر سوف يفسح مكاناً لمثل تلك الأنواع ويهيئ لها ميزة تنافسية.

فى بعض الحالات، قد يكون الحد من زعزعة الموقع كافياً وحده لتقليل ميزة المنافسة للنوع الدخيل محدداً لأعداده وبالتالى للضرر الذى يسببه. فى بعض الحالات الأخرى، قد يتطلب الأمر الإستعانة بطرق المكافحة البيولوجية بجانب الحد من زعزعة الموطن، وقد يكون هذا التكامل بين الأسلوبين ذا ميزة كبيرة إذ أن الأعداء الطبيعية ستحد من الآفة النباتية الدخيلة إلى الحد الذى تستطيع فيه الحشائش المحلية من منافستها.

٣- تغير معدلات حدة الفيضانات والحرائق Alteration of intensity of fires and floods

فى بعض الأنظمة، يمكن أن يكون تغيير معدلات تكرار أو حدة عامل ما منتظم الحدوث عاملاً من عوامل الزعزعة فى حد ذاته. فالأحداث الدورية مثل الحرائق والفيضانات قد تعمل على إستبعاد بعض الأنواع الدخيلة من الإستقرار والتوطد فى نظام بيئى. لو أن هذه الأحداث

أمكن التحكم فيها بواسطة الإنسان من خلال عمل سدود أو برامج لتقليل حدوث الحرائق، فربما يختل التوازن التنافسى لصالح الأنواع التى سبق وأن ضبطت بواسطة هذه الأحداث الدورية. إن غزو المراعى grasslands بأنواع من النباتات الخشبية هو نتيجة نموذجية لإنخفاض حدوث الحرائق فى بعض المواطن. هذا وقد سهل إنخفاض الفيضان الموسمى فى فلوريدا من غزو المنطقة بأشجار الفلفل البرازيلي *Schinus terebinthifolius*.

٤- الغزوات السابقة لأنواع أخرى غير محلية Prior invasions of non-native species

فى بعض الحالات، قد يؤدى الغزو السابق لنظام بيئى بواسطة كائن دخيل إلى تغيير الخصائص الأساسية لهذا النظام بحيث يصبح أكثر قابلية للغزو بأنواع أخرى إضافية. فعلى سبيل المثال، قد أدى غزو النباتات المثبتة للنيتروجين إلى زيادة خصوبة التربة الفقيرة فيه، بحيث سمحت لغزو نباتات أخرى دخيلة سبق لها وأُستبعدت من هذا لنظام البيئى بسبب نقص مستوى النيتروجين به.

جـ- تأثيرات الأنواع الدخيلة:-

تتواجد الأنواع الدخيلة فى معظم النظم الطبيعية على مستوى العالم. فى بعض الحالات قد تشكل تعدادات هذه الأنواع جزءاً معنوياً من تعدادات مجموع الأنواع المتواجدة فى المنطقة (من٣-٦٦%)، لكن تتركز معظم الأنواع المتواجدة بأعداد قليلة على جوانب الطرق والمساحات الزراعية محدثة ضرراً بسيطاً للأنواع المحلية. تصبح الأنواع الدخيلة آفات فى النظام البيئى عندما تهدد إستمرار حياة أنواع متوطنة معينة أو مجموعة من الأنواع بالمهاجمة المباشرة، أو بتغيير من النظم البيئية على مستوى واسع إلى الحد الذى تهدد فيه تكوين أو تركيبة كل المجتمعات النباتية وما يرتبط بها من حيوانات .

١- التأثيرات على نوع معين أو مجاميع من الأنواع:-

معظم الأنواع الدخيلة، التى تهم المهتمين بالمحافظة على البيئة، ليست أنواعاً تهاجم أفراد الأنواع المحلية هجوماً مباشراً، إذ بالأحرى تُهَدد الأنواع المحلية بالكائنات الدخيلة بما لها من بعض التأثيرات الواسعة (من خلال التزاحم أو السيطرة على مصدر الغذاء) على النظام البيئى المحلى. إلا أنه فى بعض الحالات، تكون الأنواع الدخيلة قادرة على إحتواء الأنواع المحلية فى غذائها أو في مداها العائلى، وفى مثل هذه الحالات، تقلل تلك الأنواع، وبشدة، من كثافة نوع معين من الأنواع المتوطنة. فعلى سبيل المثال، فقد غزت الحشرات القشرية *Carulaspis minima*، *Insulaspis pallida* برمودا عام ١٩٤٠ وأبادت تقريباً نبات السيدر البرمودى المتوطن

Juniperus bermudiana. فى فلوريدا أيضاً هاجمت سوسة دخيلة من جنس *Metamasius*، دخلت مع بضائع مستوردة من وسط أمريكا، نباتات متوطنة فى هذا البلد.

يمكن أيضاً أن تهاجم الممرضات الدخيلة الأنواع المتوطنة. فعلى سبيل المثال، فقد غزى الفطر *Cryphonectria parasitica* شمال أمريكا حيث سبب لفحة blight لنبات أبو فروة الأمريكى المتوطن*Castanea dentata* مؤدياً فى النهاية إلى إبادته.

٢- تغيير فى خصائص النظام البيئى:-

تهلك الكائنات الدخيلة المساحات الطبيعية عن طريق التغيير والتسيد على هذه الأنظمة بحيث تصبح أقل مناسبة لكل مجتمعات الأنواع المحلية التى كانت نامية أولاً فى الموقع. يمكن أن يحدث هذا التغيير بعدة طرق منها تغيير فى خصوبة أو كيمياء التربة، والتزاحم والخنق، وتغيير فى معدلات التطفل والإفتراس والممرضات، وتغيير فى منسوب الماء، أو تغيير فى تكرار أو حدة الحرائق.

أ- تغيير فى منسوب الماء:-

يمكن لبعض أنواع النباتات الدخيلة أن تغير من مستوى المياه المحلية، من بينها أنواع عديدة من السيدر المالح (*Tamarix* spp.) والذى تم إستيراده من استراليا كنباتات للزينة ولتثبيت الرمال المتحركة على جوانب الطرق وجوانب السكك الحديدية، إلا أن هذه النباتات غزت المواقع الطبيعية لضفاف الأنهار حيث شكلت طبقة كثيفة ممتدة. وحيث أن هذه النباتات ذات جذور عميقة ولا تستطيع الحد من فقد الماء بواسطة التبخير فإنها تسببت فى إنخفاض مستوى الماء وإرتفاع نسبة الأملاح على السطح وهذا أدى بالتالي إلى جفاف المروج السطحية الجذور والتى كانت متواجدة فى تلك المواقع من قبل. وقد أدى جفاف التربة إلى الحد من نمو عديد من الأنواع المحلية ذات الجذور القصيرة والتى كانت تعتمد على مستوى الماء المرتفع المتواجد تحت هذه المروج. وبالتالى أصبحت هذه المواقع سهلة الغزو بأنواع من الحشائش الدخيلة التي لم تكن منافسة تحت الظروف المبتلة للمروج.

ب- تغيير خصوبة وكيمياء التربة:-

يمكن أن تغير النباتات الدخيلة من طبيعة التربة المحلية بوسائل عدة، منها زيادة الخصوبة، أو إضافة أملاح أو غيرها من السموم. فالأنواع التى لا تتطلب تربة ذات خصوبة عالية تكون منافساً ضعيفاً تحت ظروف الخصوبة العالية لكنها تعيش إذ أن الأنواع المنافسة لها لا تستطيع أن

تنمو جيداً تحت ظروف التربة الفقيرة فى محتوياتها الغذائية. وفى مثل هذه الحالات، فإن زيادة خصوبة التربة تتسبب فى فقد الأنواع ذات المتطلبات الغذائية القليلة من النظام البيئى. فعلى سبيل المثال، قد تدعم الأراضى الفقيرة غذائياً نمو نباتات محلية نادرة، لكن عندما تغزى هذه المساحات بأنواع مثبتة للنيتروجين مثل نباتات *Myrica faya* فإنها تزيد من المحتوى النيتروجينى للتربة إلى أربعة أضعاف. هذا التحول سيؤدى بالضرورة إلى فقد الأنواع النباتية ذات الإحتياجات الغذائية الفقيرة وبالتالى سوف يفتح المجال فى هذه المساحات لغزو أنواع نباتية أستبعدت سابقاً بسبب إنخفاض المستوى النتروجينى بالتربة، وهذا ما حدث فى إحدى جزر هاواى. كذلك فإن نبات الثلج *Mesembryanthemum crystallinum* الذى أستورد إلى كاليفورنيا لإستعماله كنبات للزينة غزى أراضى المراعى الساحلية. يخزن هذا النبات أملاحاً تنساب فى التربة عند موته. تكون الأنواع المحلية الهامة التى تنمو فى مثل هذه البيئة أقل تحملاً لهذه الملوحة من نبات الثلج وبالتالى فإنه عن طريق هذه الميكانيكية إستفاد نبات الثلج من تغيير كيمياء التربة ليغزو ويتنافس بشدة مع الأنواع النباتية المحلية.

ج- التزاحم والخنق:-

تُكَون عديد من النباتات الدخيلة، فى ظل غياب الأعداء الطبيعية المتخصصة التى تحد من معدلات نموها، مساحات كثيفة تحل محل معظم أو كل النباتات المتوطنة التى كانت قائمة فى تلك المناطق. ولتصحيح هذا التلف يكون من الضرورى تقليل كثافة النباتات الدخيلة. تهدد مثل هذه المساحات الكثيفة الأنواع المحلية والنظم البيئية بوسائل عديدة. فى المحميات الطبيعية غير المعتنى بها تحرم هذه المساحات الكثيفة عديد من الأنواع المحلية من نموها وبقائها الطبيعى بالسيطرة على المساحات والمصادر الغذائية المتاحة فى الموقع. ومن أمثلة تلك الأنواع النوع *Lythrum salicaria* والذى يعتقد أنه مسؤول جزئياً عن فناء عديد من النباتات النادرة وسط وجنوب أمريكا الشمالية. بالإضافة إلى ذلك فإن الأنواع المُهَددة يمكن أن تُهلك عندما توجه وسائل أخرى للمقاومة (ميكانيكية أو كيميائية) للمساحات الكثيفة من الحشائش الدخيلة. هناك العديد من الأمثلة على التزاحم والخنق بواسطة الحشائش الدخيلة لكل من المواطن الأرضية والمائية. فقد غزت عديد من أنواع الحشائش الطافية والمغمورة النظم المائية، ومن الأمثلة الصارخة على ذلك تأثير الحشيشة الطافية *Salvinia molesta* على نظام نهر السيبك Sepik فى غينيا فقد كان الغزو سريعاً ومأساوياً. ففى خلال عشر سنوات من بدء ظهورها فى هذا المجرى المائى غُطى حوالى ٢٠% من مساحة السطح (حوالى ٨٠ كم^2). وقد قللت هذه المساحات من مستوى أكسجين الماء إلى أكثر من ٣٧%، وقتلت كل النباتات المغمورة مؤدية بذلك إلى نقص أكثر لمستوى

الأكسيجين. ونتيجة للتراكم السريع للمواد العضوية من مساحات هذه الحشيشة وزيادة النتح، إنخفض مستوى الماء وتحولت بعض الأجزاء إلى أراضى صالحة للزراعة.

تتضمن الحشائش المائية الدخيلة الخانقة أو المزاحمة للنباتات المائية المتوطنة أنواع عديدة منها ورد النيل (هايسنت الماء) *Eichhornia crassipes*، والحشيشة *Alternanthera philoxeroides*، والحشيشة *Myriophyllum spicatum* التى تسببت فى إبادة نصف عدد الأنواع المائية المتوطنة فى بحيرة جورج بنيويورك.

يمكن أيضاً للنباتات الأرضية الدخيلة أن تزاحم وتخنق النباتات المحلية. فقد أستورد النبات *Pueraria lobata* من آسيا إلى جنوب الولايات المتحدة بهدف تثبيت التربة، إلا أنه نمى بسرعة مكوناً مسطحات كثيفة تغلغلت وقتلت الأشجار وأستبعدت كثيراً من الأنواع المحلية من تلك المنطقة. كذلك تغيرت ملامح المساحات الساحلية من شمال أستراليا تماماً بسبب غزو الشجيرة الخشبية *Mimosa pigra* من جنوب أمريكا، حيث كونت مساحات كثيفة غزت بشدة وحلت محل أراضى نباتات الحلفا ثم المجتمعات النامية على جوانب الأنهار والمجارى المائية ثم الغابات. وقد أدى هذا الغزو إلى تغيير كامل للمنظر العام المتكامل الطبيعى المتواجد سابقاً intact natural landscape. وبالإضافة إلى هذا الهلاك المأساوى للنباتات المتوطنة، فقد تسبب هذا التغيير فى دمار شامل للفونا الطبيعية. هذا وقد إمتدت هذه الشجيرة لمناطق أخرى منها فيتنام وماليزيا وبورما وكمبوديا.

د- التحول فى تكرار أوحدة الحرائق:-

تعتبر خصائص الحرائق فى موطن ما ذو أهمية فى تشكيل التكوين النوعى لبعض المجتمعات النباتية. يمكن للأنواع النباتية الدخيلة تغيير هذه الخصائص بالدرجة التى تؤثر على أنواع أخرى فى المجتمع النباتى، فعلى سبيل المثال سبب غزو مجتمعات المسطحات الخضراء Fynbos communities (نوع من الأغطية النباتية المنتشرة فى أفريقيا واستراليا) المحلية فى جنوب أفريقيا بواسطة الشجيرة الخشبية*Hakea sericea* زيادة قدرها ٦٠% فى مصادر إحداث الوقود فى بعض المواقع، وبالتالى أدت هذه الزيادة إلى إرتفاع حدة الحرائق وربما تكرارها.

هـ- إضافة أو إختفاء الأنواع السائدة:-

قد تكون أنواع الحيوانات الدخيلة ذات المدى الغذائى الواسع والمتواجد بكثافة عالية، ذات تأثير هام على التكوين النوعى للمجتمعات المحلية، إما مباشرة عن طريق الإفتراس أو غير مباشرة من خلال التنافس على المصادر الغذائية. فعلى سبيل المثال، فقد أدى غزو النملة

الأرجنتينية *Linepithema humile* لمجتمعات المسطحات الخضراء fynbos المحلية فى جنوب أفريقيا إلى إختفاء معظم عشائر النمل المحلية حيث حلت تلك النملة محلها. كذلك وجد أن كثافات أنواع عديدة من الحشرات المحلية بما فيها الملقحات كانت أقل فى المساحات التى غزاها هذا النمل، مقارنة بتلك المساحات المجاورة التى لم تُستوطن بعد بهذا النوع من النمل. وفى كولومبيا، تسبب غزو النملة *Paratrechina fulva* من البرازيل فى إنخفاض تعدادات النمل المحلى بمعدل ٩٥% (تمكن نوعين فقط من ٣٨ نوع محلى من المعيشة فى المساحات التى تم غزوها). إضافة إلى هذا فقد إختفى نوع من الأفاعى snake وثلاثة أنواع من السحالى من المناطق التى تم غزوها بهذا النوع من النمل. كذلك قد تسبب إستيراد السمكة النيلية المفترسة *Lates* sp. إلى بحيرة فيكتوريا فى أفريقيا إلى إنقراض عديد من أنواع الأسماك وندرة البعض الآخر. كذلك أدى غزو أفعى الأشجار البنية *Boiga* trregularis جنوب الباسفيك إلى الحد بدرجة جوهرية من كل مجتمع الغابات من الطيور المحلية.

و- تغيير معدلات الأمراض:-

يمكن أن تلعب الأمراض أيضاً دوراً كبيراً في تشكيل النظم البيئية. فعلى سبيل المثال يعتقد أن إستيراد ملاريا الطيور إلى جزر هاواي كان عاملاً معنوياً في تضييق توزيع الطيور المحلية.

ز- المكافحة البيولوجية الحفاظية:-

سنوجز في هذا الجزء بعض الأضواء على إستعمال المكافحة البيولوجية في مكافحة نماذج من مختلف المجاميع كآفات بيئية.

١- الإستعمال ضد النباتات المائية

أصبحت أنواع عديدة من النباتات الإستوائية وتحت الإستوائية وقليل من نباتات المناطق المعتدلة مستقرة على نطاق واسع على مستوى العالم. أصبح بعض هذه الأنواع مهلك بدرجة كبيرة لمجتمعات النباتات المائية المحلية من خلال تكوينها لطبقات كثيفة النمو، بحجم وكثافة يسمحان بتغيير درجة الضوء ومستوى الأكسجين بالماء، كما أنها تشغل كل المساحات المتاحة لنموها. وغالباً ما يقابل هذا إنخفاض كبير في كثافة النباتات المحلية، بل وقد تنخفض تماماً. أستعملت المكافحة البيولوجية بنجاح ضد عديد من أنواع هذه الحشائش منها ورد النيل *Eichhornia crassipes*، والحشائش *Alternanthera philoxeroides*، *Pistia stratiotes*، *Myriophllum spicatum* ويعتبر مكافحة ورد النيل أحد نماذج هذه الحشائش.

- **ورد النيل water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)**

نبات عائم، ينمو في المياه العذبة، واسع الإنتشار، يكّون هذا النبات طبقات كثيفة لدرجة أنها تؤثر على الفونا والفلورا المائية، إضافة إلى تأثيرها الإقتصادي الكبير على الخزانات وصيد الأسماك والملاحة. كما يقل محتوى الماء من الأكسجين، وفي بعض الحالات قد يؤدي هذا إلى موت الأسماك. يزداد تكوين السلت silitation ويزداد معدل النتح من مسطح هذه الحشائش إلى ٣-٥ مرات فوق معدلات التبخر من الماء المفتوح. أُستعملت عناصر كثيرة من عناصر المكافحة البيولوجية، وكان أكثرهم فاعلية السوسة *Neochetina bruchi* والسوسة *N. eichhorniae* والفراشة *Sameodes alhiguttalis*. أستعملت هذه العناصر وغيرها في كثير من دول العالم. وقد تحقق نجاح كبير في المكافحة في مناطق كثيرة كالسودان والهند وأستراليا والولايات المتحدة، إذ إستعادت مواقع المكافحة حالتها الطبيعية قبل الإصابة، وهذا بالتالي أعاد للموطن طبيعته وللأنواع المحلية نشاطها وقلل من ضغط المنافسة في الموقع.

٢- الإستعمال ضد النباتات الأرضية

تعرض ما لا يقل عن ١١٦ نوعاً من الحشائش لبرامج المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد أعدائها الطبيعية، معظمها كان أنواع أرضية، بسبب التلف الذي تسببه للمصادر الإقتصادية مثل المراعي وأراضي الغابات. غير أن العديد منها أيضاً قد غزى المساحات الشاسعة من المواطن الطبيعية ذات القيمة في الحفاظ على الأنواع المحلية، إلا أنه قد إنخفضت قيمة هذه المسطحات في الحفاظ على الطبيعة بسبب تكوين مساحات كثيفة ومنافسة من تلك الحشائش. كثير من المشاريع التي نفذت لأهداف إقتصادية أفادت النظم الطبيعية. تشكل هذه الحشائش الدخيلة مشاكل كثيرة في العالم في كل من المناطق الإستوائية والمعتدلة. وهناك أمثلة كثيرة منها الحشائش *Passiflora mollissima*، *Mimosa pigra*، *Ulex europaeus*، *Pueraria lobata*، *Cinchona succirubra*، وحشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* والتين الشوكي *Opuntia* spp. وغيرها من نماذج هذه الحشائش التين الشوكي.

- **التين الشوكي *Opuntia* spp.**

أستوردت حشيشة التين الشوكي *Opuntia stricta* كنبات للزينة إلى أستراليا، إلا أنها إنتشرت وغطت ما لا يقل ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ هكتاراً من المراعي والصحاري، مشّكلة طبقات كثيفة إستبعدت معها أي مسطحات خضراء أخرى. أدى إستيراد الفراشة *Cactoblastis cactorum* من الأرجنتين إلى نجاح للمكافحة البيولوجية ضد هذه الحشيشة، وبذلك عادت المسطحات الخضراء

إلى سابق طبيعتها والحفاظ على إستغلالها إقتصادياً. هناك أنواع أخرى من هذه الحشيشة أصبحت آفات نباتية في عديد من المناطق في العالم. على سبيل المثال نوع الحشيشة *O. aurantiaca* في جنوب إفريقيا التي غطت ما لا يقل عن ٨٣٠,٠٠٠ هكتاراً.

تعتبر أنواع هذه الحشيشة من النماذج الكلاسيكية لتأثيرات الأنواع غير المتوطنة على النظم البيئية المحلية من خلال إحلالها الطبيعي للمسطحات الخضراء المحلية وبالتالي إستبعاد عديد من الأنواع المحلية.

٣- الإستعمال ضد مفصليات الأرجل العاشبة

تعتبر مفصليات الأرجل العاشبة من أكثر المجموعات شيوعاً في تطبيق برامج المكافحة البيولوجية. توجه معظم مثل هذه الجهود تقريباً ضد الآفات التي تصيب المصادر الإقتصادية أكثر من تلك الأنواع التي تؤثر سلباً على الإهتمامات الحفاظية. وبعيداً عن الأسباب المالية وغيرها من الأسباب التنظيمية الأخرى، فربما يكون هناك تفسيراً واحداً لهذا الإستعمال المحدود وهو أن الحشرات المهاجرة تكون أقل مهاجمة للنباتات المتوطنة (فيما لو أنها كانت بعيدة تقسيمياً عن تلك المتواجدة في مواطنها الأصلية). أو لو حدث وهاجمت تلك الحشرات النباتات المتوطنة فإنها لا تكون مهلكة لها بدرجة كبيرة، ولذا فهي غالباً ما يتم تجاهلها. لكن هناك بعض الإستثناءات مثل تأثير الحشرات القشرية المهاجرة على نبات السيدر البرمودي المتوطن Bermuda ceder (*Juniperus bermudiana*). تضمن مكافحة هذه الحشرات إستيراد الطفيل *Encarsia lounsburyi* مع مفترسين من أبي العيدات هما *Rhizobius lophanthae, Microweisea suturalis* إذ قد نجحوا في خفض تعدادات تلك الآفات، لكن لم توقف فقد الأشجار، إذ كان رد الفعل الفسيولوجي للأشجار تجاه تغذية تلك الحشرات قوي جداً لدرجة أن الإصابات الخفيفة أو المتوسطة سببت ضرراً كبيراً أدى في معظمة إلى موت الأشجار. أما الأشجار التي عاشت بعد ذلك، فكانت أكثر مقاومة لتغذية الحشرات القشرية إذا حدث بعض التجديد لها وأمكنها إستعادة قوتها.

٤- الإستعمال ضد مفصليات الأرجل المتطفلة أو المفترسة

بعض أنواع غشائيات الأجنحة الإجتماعية مثل النملة الأرجنتينية *Linephithema humile*، وعديد من نمل الحرائق *Solenopsis* spp.، والدبابير الإجتماعية من جنس *Vespula* قد غزت مناطق جديدة وتزايدت أعدادها بدرجة كبيرة. وبسبب كثافة أعدادها وإتساع المدى الغذائي لها أصبح لمثل تلك الأنواع، في بعض الحالات، تأثيرات معنوية على الفقاريات واللافقاريات

المتوطنة. ولمثل هذه الأنواع، في الغابات والمحميات يمكن أن يكمن الحل في إستعمال المكافحة البيولوجية. على سبيل المثال وجد أن الطفيل الأكيومونيدي *Sphecophaga vesparum* متخصصاً بدرجة كافية لأن يطلق ضد الأنواع المهاجرة *Vespa germanica* و *V. vulgaris*.

٥- الإستعمال ضد اللافقاريات الأخرى

تكون المكافحة الحيوية للافقاريات غير مفصليات الأرجل مقصورة غالباً على مكافحة الرخويات mollusks (القواقع والبزاقات slugs) الأرضية منها التي تتغذى على المحاصيل الزراعية، أو المائية التي تعمل كعوائل وسيطة للديدان الكبدية التي تهاجم الإنسان أو الحيوانات الأليفة.

تهلك بعض الرخويات الدخيلة المحميات الطبيعية. ومن أمثلة ذلك القوقع المفترس *Euglandia rossea* المستورد عمداً والذي هدد القواقع الأرضية المحلية في تلك المواقع كما حدث في موريا Moorea في فرنسا، وبولينيسيا Polynesia في الباسفيك. كذلك أمكن للنوع المائي الدخيل *Corcinus inaenas* من أن يغزو الساحل الغربي من أمريكا الشمالية وقد وصلت تعداداته إلى أعداد كبيرة أثر بها على صيد السمك وغيرها من خصائص البيئة المائية marine ecosystem وقد أقترح إستيراد الطفيل *Sacculina carcini* المتخصص لمكافحته بيولوجياً.

٦- الإستعمال ضد الفقاريات

سببت الفقاريات غير المتوطنة التي تتضمن تعدادات متوحشة من الحيوانات المستأنسة domestic animals تلفاً معنوياً للأنواع المتوطنة (وبصفة خاصة النباتات وعشوش الطيور الأرضية) في مواقع كثيرة، ويعتبر تقليل أعدادها من الأولويات البيئية في عديد من جزر المحيطات. يعتبر إستيراد الفقاريات التي تفترس غيرها من الفقاريات غير مستحب بصفة عامة حيث أن مدى تخصص هذه المجموعات من العناصر يكون غير كاف عادة لقِصَرْ تأثيرها على الآفة المستهدفة وأنها قد تكون خطرة على غيرها من أنواع الفقاريات المحلية.

أستخدمت الممرضات بنجاح في بعض الحالات في المكافحة البيولوجية للفقاريات. ومن أبرز الأمثلة على ذلك إستيراد فيروس الأرانب ميكسوما Myxoma virus إلى أستراليا وأخيراً إلى أوربا لمكافحة الأرانب الأوربية *Oryctolagus cuniculus* بنتائج مذهلة. هناك مثال آخر لإستخدام الممرضات بنجاح في المكافحة البيولوجية لآفة فقارية وهو إستعمال فيروس بارفو Parvo virus ضد القطط المتوحشة (*Felis cattus*) في جزر ماريون Marion في جنوب أفريقيا والتي كانت

تهدد عشوش الطيور الساحلية في تلك المنطقة. قتلت هذه القطط حوالي ٤٥٠,٠٠٠ عش في السنة في تلك الجزيرة وقد أدى إستخدام هذا الفيروس إلى خفض تعدادات القطط من ٣٤٠٩ إلى ٦١٥ في الخمس سنوات الأولى من الإستخدام.

يعتبر تطهير جزر المحيطات من الثدييات العاشبة الدخيلة مثل الماعز من الأمور الهامة للحفاظ على المجتمع النباتي المحلي وتجدده. أقترح إستخدام الممرضات ضد هذه الآفات الفقارية في هذه المناطق حيث أن تلك الفقاريات مهلكة للنظم البيئية المحلية وللأنواع النادرة من النباتات، كذلك وجد أن البروتوزوا التي تنتقل جنسياً sexually transmitted protozoa متخصصة في إصابتها للماعز، ويمكن أن تستخدم بأمان لتقليل القدرة الإنتاجية أو معدلات معيشتها.

خفض الأنواع الدخيلة

تتوقف إمكانية نجاح إستخدام الوسائل الميكانيكية أو الكيميائية أو البيولوجية على صورة الإمتداد الطبيعى للمساحات المتأثرة بالنوع الدخيل. فعندما تكون المساحات المصابة صغيرة يكون من السهل التخلص منها وإهلاكها بالوسائل الميكانيكية أو الكيميائية. تتطلب هذه الأساليب من المكافحة تكراراً دورياً مما يزيد من التكاليف. أما عندما تشمل الإصابة مساحات كبيرة، أو يكون الكائن الدخيل من الصغر أو الإختباء لمكافحته بالوسائل الميكانيكية أو الكيميائية، فلابد أن تؤخذ المكافحة البيولوجية فى الإعتبار.

يكون إستخدام المكافحة البيولوجية ضد الآفات البيئية environmental pests محدوداً حيث تكون تكاليف المشاريع الجديدة، وخصوصاً ضد النباتات، عالية، ويكون معظمها أثناء الإرتياد وتجارب التخصص للعناصر الجديدة، ففى كندا مثلاً تكلف مشروع مكافحة نوع واحد من هذه الآفات ١،٥ مليون دولار كندى. وتعتبر هذه التكاليف قليلة إذ ما قورنت بمشاريع مكافحة الحشائش الطويلة المدى لخفض كثافتها فى مساحات كبيرة.

ويلاحظ أنه فى الحالات التى أستخدم فيها عنصر بيولوجى ناجح لحشيشة ما فى منطقة ما، يكون إعادة تطبيقه فى مناطق أخرى أقل كثيراً فى تكاليفه.

هناك ميزة أخرى هامة في أسلوب المكافحة البيولوجية وهو أن مجرد نجاح إطلاق إستخدام المكافحة البيولوجية فى مكافحة آفة بيئية واسعة الإنتشار مرة واحدة يضمن إستمرارية تأثيرها دون أى تكاليف سنوية أخرى، حيث لا يحتاج الأمر تكرار إعادة إطلاق الأعداء الطبيعية بسبب قدرتها على الإنتشار إلى مواقع أخرى. يمكن إعادة التطبيق مرة أخرى إذا كانت المساحات شاسعة جداً (آلاف أو ملايين الهكتارات).

ل- الأمان Safety

يرتبط إستيراد أنواع جديدة من الحشرات العاشبة أو الطفيليات parasites أو أشباه الطفيليات parasitoids أو الممرضات بتبعات محتملة للأنواع المحلية. تتضمن التبعات المفيدة القضاء على أضرار النظم الطبيعية بواسطة أنواع الآفات التى أستهدفها المشروع. أما التبعات الضارة فتشمل إمكانية موت الأنواع غير المستهدفة فى منطقة الإستيراد. يحتاج كل إستيراد مقترح إلى عناية فائقة فى التقييم حتى نمنع أو نقلل من أى تبعات ضارة. البرامج المحكمة هى تلك التى يكون الضرر الواقع على الآفة المستهدفة بالغاً وأن تكون الأعداء الطبيعية التى أختيرت للإستيراد متخصصة بدرجة كافية لدرجة أن معظم تأثيراتها يقع على الآفة المستهدفة وليس على الأنواع المتوطنة المرغوبة أو غير المستهدفة.

نادراً ما يكون التخصص مطلقاً، إذ يوجد قليل من الكائنات وحيدة العائل. تعتمد درجة التخصص لتوافر الأمان على خصائص كل من الموقع الذى سيطبق فيه المشروع والمجموعات التقسيمية للكائنات التى يتضمنها. يجب أن يؤخذ فى الإعتبار كل حالة على إنفراد بسبب أن العمليات التى تكون آمنة فى أحدى البيئات قد تكون غير مرغوبة فى غيرها. فعلى سبيل المثال إستيراد ممرضات الثعابين إلى جنوب الباسفيك (حيث لايوجد ثعابين محلية) لمكافحة ثعبان الشجر البنى الدخيل الذى يهاجم الطيور المحلية يمكن إجرائه بسهولة وأمان أكبر من أن يطبق نفس العمل فى مناطق بها فوناً مختلفة من الثعابين المحلية. وكذلك إستيراد ممرضات الفقاريات الأليفة يمكن تطبيقها بأمان فى الجزر غير الآهلة بالسكان لخفض تعدادات الكائنات المتوحشة من الماعز والخنازير والقطط. لكن يمكن أن يكون نفس العمل فى المناطق الأهلة بالسكان أقل قبولاً بسبب النزاع مع أصحاب الجماهير المستأنسة من نفس تلك الثدييات.

تؤثر أيضاً المجموعات التقسيمية التى يتضمنها المشروع فى درجة الأمان التى تكتنف العدو الحيوى. تتفاوت الأنواع المختلفة من الأعداء الطبيعية فى درجة المخاطر التى يمكن أن تسببها. فبعض المجموعات مثل الفقاريات تكون غير مناسبة بصفة عامة للإستيراد، وغالباً ما تكون طفيليات مفصليات الأرجل المتخصصة مناسبة للإستيراد، بينما المفترسات اللافقارية عامة التغذية generalist، واللافقاريات الإجتماعية، والمفترسات اللافقارية الإجتماعية (النمل - الدبابير)، والقواقع المفترسة العامة تكون كلها مجموعات من الممكن أن تكون مهلكة للأنواع المحلية ولا يجب إستيرادها. يمكن أيضاً أن تسبب الطفيليات عديدة العوائل، مثل بعض أنواع ذباب التاكينا، بعض المخاطر للأنواع المحلية. هذا ويجب أن تغربل screened جيداً وبعناية الأنواع الحشرية العاشبة المستوردة لمكافحة النباتات الدخيلة للوقوف على مداها العائلى.

يجب أن توازن برامج المكافحة البيولوجية بين فوائدها ومخاطرها المحتملة، وأن تتبع أساليب من شأنها تشجيع حيوية النظم البيئية التى يتم فيها الإستيراد. وبينما يمكن أن تتبقى بعض المخاطر البيئية فى أى برنامج لإستيراد العدو الحيوى حتى مع إتباع الإختبارات الخاصة بالمدى العوائلى بعناية تامة، لكن هذه المخاطر البسيطة لابد من موازنتها مع المخاطر فيما لو لم يتم أى إجراء. في عديد من الحالات، تكون عشائر الآفات البيئية التى لا تكافح لها أضرار خطيرة وهامة على الأنواع المحلية وعلى النظام البيئى.

يجب أن تخضع تقديرات المخاطر والفوائد لحقائق علمية ثابتة ترتبط ببيولوجية الكائنات المستخدمة، ومن المهم لكى تتم هذه التقديرات بكفاءة أن يكون هناك معلومات واسعة عن النظم البيئية التى سيتم إدخال الأعداء الطبيعية إليها ومعلومات عن الأنواع المتواجدة فى هذه البيئة.

opeikandi.com

البَابُ السَّابِع

المكافحة البيولوجية للحشائش

أولاً: بيولوجيا عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش

ثانياً: العاشبات والممرضات المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش

المكافحة البيولوجية للحشائش

BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS

الحشيشة هى أى نبات غير مرغوب فيه فى مكان معين ووقت معين، أو هى النبات فى غير موقعه الصحيح. والحشيشة يمكن أن تكون هى نفسها أو قد تنتمى إلى نباتات ذات قيمة فى مواقع أخرى مثل نبات عنب الديب الشائك *Lantana camara* الذى يعتبر نبات للزينة فى شمال فلوريدا، بينما يعتبر فى أستراليا والهند حشيشة خطيرة جداً ولذا فإن هذه الحقيقة يجب أن تكون أساسية عند تناول موضوع المكافحة البيولوجية للحشائش.

أصبحت النباتات، فى كثير من المجموعات التقسيمية النباتية، آفة حشائشية، أرضية كانت أم مائية، وفى مناطق متباينة فى العالم. وقد أصبح العديد منها مستهدفاً للمكافحة البيولوجية من خلال إستيراد الحشرات العاشبة herbivores أو الممرضات النباتية. يقع نصف هذه الأنواع تقريباً تحت ثلاث عائلات هى Cactaceae، Asteraceae، Mimosaceae، بينما تشتمل بقية العائلات على أنواع قليلة ذات أهمية اقتصادية مثل عائلة Clusiaceae التى يقع تحتها النوع *Hypericum perforatum*، وعائلة Salviniaceae التى يقع تحتها النوع *Salvinia molesta*، وعائلة Verbenaceae التى يقع تحتها النوع *Lantana camara*.

منذ بداية عهد الإنسان بالزراعة وهو فى معركة لاحدود لها ضد الحشائش، وحتى الآن يوجد مساحات شاسعة تنمو فيها الحشائش وتزدهر. غالباً لاتستجيب الحشائش للكيميائيات التى تستخدم فى مكافحتها أو قد تكون المكافحة الكيميائية طريقة غير عملية. كانت طرق المكافحة البيولوجية هى الطريقة الفعالة تماماً فى مكافحة بعض الحشائش الهامة التى فشلت معها طرق المكافحة الأخرى وكانت قاتلة للدرجة التى فاقت فيها كل هذه الطرق. وفى الحقيقة فإن هذه الطريقة البيولوجية قد أستخدمت عادة بعد أن ثبت عدم كفاية الطرق الأخرى. وقد يندهش الحشريون عندما يعلمون أن المزارع أحياناً يعتبر الحشائش أكثر إهلاكاً لمحاصيله الزراعية من الحشرات. فمن المعروف أن الإنتاج العالمى للمحاصيل الزراعية ينقص بحوالى ٣٠% بسبب الحشرات والأمراض والحشائش، ويشكل العامل الأخير بمفرده ١٢,٤% من هذه النسبة. تعطى هذه النسبة، التى تعتبر عالية نسبياً، صورة واضحة حول مخاطر ترك تلك الحشائش لتعيش فى منافسة مع غيرها من المحاصيل الإقتصادية.

توضح أساليب الفقد المتسببة عن الحشائش القيمة الإقتصادية لمكافحتها ومن هذه الأساليب:

١- تتزاحم مع وتقلل من نمو النباتات المرغوبة مما يؤدى إلى خسائر فى المحصول كماً ونوعاً.

٢- زيادة فى تكاليف الزراعة.

٣- الحاجة إلى تنظيف البذرة.

٤- إستهلاك للثروة المائية.

٥- الضرر المباشر للإنسان وحيواناته ومنتجاتها.

٦- تخدم الحشائش كعوائل بديلة للآفات الحشرية والممرضات النباتية، أو تشكل مأوى لعديد من أنواع الحشرات، إما لأغراض التغذية أو كمواقع لبياتها الشتوى. فعلى سبيل المثال، تصاب بادرات القطن بالتربس خلال شهرى مارس وأبريل، ثم بإرتفاع درجات الحرارة خلال شهر مايو تقل أعداد التربس على القطن وقد وجد أن هذا النقصان كان مرتبطاً بإرتفاع فى أعداد أفراد التربس خلال الفترة من مايو إلى سبتمبر على نباتات العليق حيث لوحظ إختباء أفراد التربس خلال هذه الفترة بأعداد ملحوظة فى أزهار تلك الحشيشة. هذا علاوة على أمثلة أخرى للحشرات التى تصيب المحاصيل وشوهدت بأعداد ملحوظة على بعض الحشائش ومنها مَنْ الخوخ الذى يصيب أيضاً حشيشة فجل الجمل والحريق والكبر والعليق، وسوسة ورق البرسيم التى تصيب حشيشة النفل خلال أشهر الشتاء، والخنفساء البرغوثية التى تصيب أوراق حشيشة أبو قرن خلال الصيف كما تصاب نفس هذه الحشيشة صيفاً بيرقات حفار ساق الكرنب. كما تتواجد كتل بيض البقة الخضراء على الأسطح السفلية لأوراق العليق خلال الفترة من مايو إلى يوليو. أما عن دودة ورق القطن فقد وجد أنها تصيب عدداً كبيراً من الحشائش خاصة خلال شهرى أغسطس وسبتمبر، ومن هذه الحشائش العليق والرجلة وعرف الديك وأبولين والسلق وأيضاً الشبيط. هذا وقد وجد أن أزهار بعض الحشائش تجذب الحشرات التى تتغذى على رحيقها، ومن الأمثلة على ذلك نوع العته *Attagenus scalaris* التى تتواجد بأعداد كبيرة وملحوظة داخل أزهار العليق.

يجب أن يكون من المتعارف عليه أن الهدف من هذا العمل ليس هو إبادة الحشيشة بل تقليل كثافتها إلى المستوى غير الضار. أستخدمت طرق المكافحة البيولوجية للحشائش بتردد وحذر شديدين لسببين أساسيين هما:

١- الشعور بأن المخاطر كبيرة جداً مقارنة مع فرص النجاح، ولو أن هذا العائل، وهو الأهم، قد فقد مصداقيته بتزايد حالات النجاح والتأكيدات المستمرة ضد مخاطر هذه الطريقة.

٢- النزاع حول ما إذا كان نبات ما حشيشة من عدمه، مرتبطاً ذلك بحقيقة ما إذا كانت عناصر المكافحة البيولوجية المستوردة يمكن أن تتحرك إلى مناطق أخرى فيها يكون النبات ذا قيمة اقتصادية كبيرة.

تعتمد نظرية مكافحة الحشائش بيولوجياً على إعتماد تبادلى mutual dependence بين حشيشة ما وحشرة ما أو أى عائل بيولوجى آخر قادر على مكافحتها. يرجع إنتشار حشيشة ما فى وسط إنتشار ما إلى غياب الأعداء الحيوية التى كانت مرتبطة بها فى الموطن الأصلى. وفى الحقيقة، فإن الأعداء الحيوية التى ليست لها مثل هذه العلاقات المتبادلة مع الحشيشة سوف تكون إما غير فاعلة أو ربما ينتج عن إستعمالها خطراً بسبب خطورتها على النباتات الأخرى كأن تكون متغذيات نباتية غير متخصصة.

تقف مشكلة مكافحة الحشائش بيولوجياً على الجانب المضاد، بصفة عامة، من مشكلة المكافحة البيولوجية للحشرات، إذ يكون العائل النباتى، فى الحالة الأخيرة، ذو فائدة للإنسان ولذا فإن أى حشرة تهاجمه تعتبر ضمن مجموعة الحشرات الضارة وبالتالى تعتبر أعداء هذه الحشرة الضارة ذات منفعة كبيرة. وعلى العكس من ذلك فإن الحشائش توصف على أنها نباتات أصبحت ضارة بالنسبة للخطة الإقتصادية المرسومة بمعرفة الإنسان، وبالتالى فإنه ينظر إلى أى حشرة أو أى كائن أخر يهاجم حشيشة معينة على أنه نافع للإنسانية وأن أى عدو حيوى على هذه الحشرة يعتبر ضاراً حيث أنه يحد من فاعلية هذا الكائن المهاجم.

التاريخ المبكر لمكافحة الحشائش بيولوجياً

يرجع الفضل الأكبر فى مكافحة الحشائش بيولوجياً إلى الحشريين فى مركز أبحاث زراعة القصب فى جزر هاواى، فقد قام هليبراند Hillebrand عام ١٨٦٠ وهو من أشهر علماء النبات فى هذه الجزر، بإستيراد نبات عنب الديب الشائك *Lantana camara* لأغراض الزينة، إلا أن شجيرات هذا النبات أصبحت خطراً حقيقياً يهدد المراعى خصوصاً على الجانب من هذه الجزر المعرض لإتجاه الرياح. وقد أقترحت إمكانيات الإستفادة من الحشرات فى مكافحة النباتات الضارة بسبب الإستيراد غير المقصود للبق الدقيقى *Orthezia insignis* الذى أظهر مكافحة ملحوظة لنباتات عنب الديب وصلت فى بعض المناطق إلى حد الإضرار الشديد أو الفتك التام بهذه النباتات. ويظهر أن هذه هى أولى المحاولات لمكافحة الحشائش بالطرق البيولوجية. ذكر

مينشر Muensher عام ١٩٤٢ أنه قد أمكن أيضا القضاء على حشيشة *Sedum triphyllum* فى إثاكا بنيويورك بإستعمال الفطريات، إذ أرسلت الأفرع المصابة بالفطر إلى الزراع لنشرها فى مروجهم للفتك بهذه الحشيشة التى أمكن القضاء عليها تماماً قبل أن يعزل الفطر لتعريفه. لاحظ العالم الحشرى كوبيل Koebele، أثناء قيامه بعمليات جمع حشرى فى المكسيك سنة ١٨٩٨، أن بذور حشيشة عنب الديب *Lantana camara* تهلك فى مواطنها الطبيعية بواسطة ذبابة تتربى بداخلها، ومن هنا طرأت لديه الفكرة فى أن البذور الغزيرة لهذا النبات يمكن أن تقاوم أو تمنع تماماً من الإنبات فيما لو أمكن أقلمة هذه الحشرة فى جزر هاواى، ولقد تم الموافقة فعلاً على هذه الفكرة وقام بزيارة المكسيك مرة أخرى لدراسة كل الحشرات التى تتغذى على نبات عنب الديب دراسة مستفيضة وأمكن بذلك مكافحة هذه الحشيشة.

إعتبارات هامة فى إستيراد الحشرات النافعة لمكافحة الحشائش

ترتبط خطورة إستيراد أى حشرة لمهاجمة حشيشة ضارة معينة بدرجة تخصص هذه الحشرة، وبالوضع التقسيمى النباتى لهذه الحشيشة وعلاقاتها بالنباتات الإقتصادية. تكون الغالبية العظمى من أنواع الحشرات النباتية التغذية محددة إلى حد ما فى أغذيتها، وكلما زاد تخصص مجموعة حشرية معينة كلما زاد بالتالى هذا التحديد. وليس هذا بالأمر المدهش عندما نأخذ فى الإعتبار الملايين من السنين التى مرت فى تطور الحشرات الراقية، الأمر الذى يتضح عندما نتذكر أن السجلات الحضرية قد أظهرت أن الحشرات قد وصلت إلى حالة من الإستقرار الفعلى فى تفاعلاتها مع الغذاء من ملايين السنين.

عندما تدخل آفة ضارة إلى بيئة جديدة فإنها قد تكون قادرة، وغالباً ما تكون كذلك، على إلحاق ضرر أكبر بالنباتات فى البيئة الجديدة أكثر مما تلحقه هذه الحشرة فى مواطنها الطبيعية، وعندما تؤخذ هذه الحقيقة المعروفة فى الإعتبار يكون هناك إتجاهين أساسيين بالنسبة لمكافحة الحشائش بالطرق البيولوجية:

١- عندما تدخل حشرة معروف عنها أنها ضارة بحشيشة معينة، دون مصاحبة أعدائها الطبيعية، إلى بيئة جديدة فإنه من المتوقع أنها تكون أكثر فاعلية وكفاءة فى إتلاف النبات فى البيئة الجديدة عنه فى الموطن الطبيعى.

٢- وعلى الجانب الآخر لو أن نفس هذه الحشرة أمكنها أن تهاجم أيضاً أى نوع نباتى آخر ذو قيمة إقتصادية بجانب الحشيشة الضارة، فإنه سوف نتوقع ضرراً متكافئاً لهذا النبات وسوف ينقلب المكسب من مكافحة الحشيشة بيولوجياً إلى خسارة فى الصناعة التى تقوم على هذا

النبات الآخر، وهناك إحتمال واضح دائماً فى أن الحشرات التى عادة ما تتغذى على جنس واحد أو نوع واحد من رتبة معينة تكون ذات تأثير فى البيئة الجديدة على نوع أو أكثر من عوائلها النباتية العديدة.

يمكن تقسيم الحشرات وفقاً لهذا الإتجاه إلى ثلاث مجموعات رئيسية :-

١- حشرات معروف عنها أنها تهاجم النباتات ذات القيمة الإقتصادية.

٢- حشرات معروف عنها أنها تهاجم فقط الجنس الذى تنتمى إليه الحشيشة الضارة أو الأجناس القريبة له والتى ليست لها أهمية اقتصادية.

٣- حشرات ليس فى المقدور، لنقص المعلومات عنها، وضعها تحت أى من القسمين السابقين.

وبصفة عامة، فإن الحشرة التى تقع تحت المجموعة الأولى لايمكن أخذها فى الإعتبار لمكافحة الحشائش الضارة، كما تحتاج حشرات المجموعة الثالثة إلى دراسة أعمق فى مواطنها الطبيعية حتى يتسنى وضعها تحت أى من القسمين الأول أو الثانى، أما حشرات المجموعة الثانية فهى المناسبة تماماً لإستغلالها فى المكافحة البيولوجية للحشائش خصوصاً الأنواع منها التى لا تضر بأى نباتات ذات قيمة إقتصادية.

ومرة أخرى فإنه يجب أن يؤخذ فى الإعتبار الوضع التقسيمى النباتى للحشيشة الضارة موضوع الدراسة، فهل تقع هذه الحشيشة بعيداً عن أى من المجموعات النباتية التى تضم أى من النباتات ذات القيمة الإقتصادية أو أنها تنتمى إلى واحدة من هذه المجاميع. ويجب أن يكون من الواضح أن مخاطر هذا العمل سوف تقل إلى أدنى حد ممكن عندما تكون الحشيشة بعيدة كل البعد عن النباتات الإقتصادية، والمثل على ذلك حشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* L. والتين الشوكى *Opuntia* sp. اللذان يقفان بعيداً تماماً عن أى مجموعة من مجموعات النباتات ذات القيمة الإقتصادية. أكتسبت الحشرات التى تتغذى على نباتات لها مثل هذه الصفات غير العادية والتى أصبحت حياتها وفقاً على عصارتها الحريفة وبشرتها المقاومة، من الصفات المورفولوجية والفسيولوجية ما يجعلها تتأقلم أقلمة عجيبة وواضحة مع هذا النوع من الحياة لدرجة أنها لاتميل إلى أن تصيب نباتات أخرى ذات صفات كيميائية أو فسيولوجية مختلفة. وفى مثل هذه الحالة، فإنه من المعقول أن نفترض أن سلسلة الإختبارات التى تجرى على حشرة ما لتبيان مدى تغذيتها، سوف توضح أن الحشرة ترتبط كلية أو غالباً بالحشيشة موضوع الدراسة. وعلى الجانب الآخر، فمن المتوقع وجود مخاطر عديدة عندما تقف الحشيشة بين مجموعة نباتية

ذات قيمة إقتصادية (مثل حشيشتى الشليك الأسود Rubus والجرجير الأشيب *Lepidium*) إذ يكون الإحتمال ضعيف جداً فى أن نكتشف نوعاً واحداً من الحشرات يمكنه أن يرتبط فقط بهذه النباتات.

يجب أن يؤخذ فى الإعتبار أيضاً أن الحشيشة التى تنتمى إلى مجموعة نباتية ذات قيمة إقتصادية قد تمتلك فى جزء من أجزائها صفة أو أكثر من الصفات المورفولوجية تجعل الفرصة ما زالت سانحة للحصول على نوع حشرى معين يمكنه أن يتخصص فى مهاجمة هذا الجزء النباتى دون أى خطر على النباتات القريبة والتى فيها يختلف هذا الجزء النباتى فى مظهره المورفولوجى عن مثيله فى تلك الحشيشة. تكون ثاقبات الجذور وثاقبات السوق والمتغذيات الداخلية على البذرة أو الثمرة أكثر تفضيلاً عن متغذيات الأوراق إذ ستكون أكثر ارتباطاً بعائلها. فعلى سبيل المثال، تنتمى حشيشة البرى برى *Acaena sanguisorbae* إلى جنس قريب جداً من جنس نبات الشليك حيث يتشابه أوراق الجنسين، إلا أن ثمار كليهما يختلفان تماماً عن بعضهما، لذا فإنه من المتوقع أن أى حشرة تتغذى على أوراق البرى برى سوف تهاجم أوراق الشليك أيضاً وهذا هو ما حدث فعلاً مع الخنفساء الأسترالية *Haltica pagana*، لذلك فقد إتجه البحث إلى نوع آخر من الحشرات يتغذى على الثمرة أو البذرة لمكافحة نبات البرى برى. وبالمثل أيضاً فإن الحشيشة *Ulex europaeus* تتبع العائلة البقولية التى تشتمل على أنواع عديدة من الخضروات ومحاصيل العلف ذات القيمة الإقتصادية، إلا أن هذه الحشيشة تتميز بكونها شجيرة شائكة تمتلك نوعاً غريباً من القرون، ولذا فإنه ليس من المتوقع أن الحشرة التى تتغذى طبيعياً داخل البذور الموجودة فى قرون هذه الحشيشة يمكنها أن تهاجم قرون الفول أو البسلة أو البرسيم. وقد أوضحت التجارب التى أجريت على السوسة *Apion ulicis*، التى تصيب هذه الحشيشة، أنه لايمكنها التغذية على قرون الجنس *Cytisus* القريب من جنس هذه الحشيشة، ولذا فإن هذه الحشرة يمكن التعامل معها بأمان تام دون ثمة خطر على النباتات الإقتصادية التى تتبع عائلة هذه الحشيشة الضارة.

من الأمور التى تزيد من تعقيد مكافحة الحشائش بيولوجياً هو وجود أكثر من سلالة للحشيشة الواحدة. فعلى سبيل المثال يوجد لحشيشة Rush weed فى أستراليا ثلاث أشكال مميزة، الشكل ذو الورقة الضيقة، وذو الورقة المتوسطة، والشكل ذو الورقة العريضة. وتشكل السلالة الأولى المشكلة الأساسية وعند إختيار الأعداء الطبيعية لمكافحة هذه الحشيشة أستوردت سلالة إيطالية من الأكاروس *Eriophyes chcondrillae* التى هاجمت السلالة ذات الورقة الضيقة فقط وعندما أستوردت هذه السلالة أخيراً إلى الولايات المتحدة من أستراليا فإنها فشلت فى مهاجمة النباتات الأمريكية مما دفع الأمريكيون إلى البحث عن سلالة جديدة للأكاروس فى أوربا.

من المشاكل أيضاً حول المكافحة البيولوجية للحشائش تضارب الأراء، كما سبق ذكره، حول قيمة الحشيشة المتوطنة، الأمر الذى لابد من حسمه قبل إستيراد الأعداء الحيوية لهذه الحشيشة. إذ بمجرد أن يستورد العدو الحيوى وينشر فى الطبيعة يكون من الصعب التحكم فى إنتشاره والسيطرة عليه. فعلى سبيل المثال، فقد قام جدل حول القيمة الإقتصادية للحشيشة *Tomarix namosissima* وهى حشيشة فى وديان الأريزونا والمكسيك وتكساس، ولها فى نفس الوقت قيمة فى هذه المناطق بالنسبة لمربى النحل كمصدر لإنتاج العسل، وللصيادين إذ أنها تشكل عشوشاً طبيعية للطائر *Zenaida asiatica*، ويعتبر حل هذه المشاكل الإقتصادية من الأمور المعقدة خصوصاً إذا لم يتوافر البيانات والمعلومات الإقتصادية الكافية.

يتطلب إختيار أى حشرات يُرى إنها ذات قيمة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، إختبارات مجهدة تتعلق بإمكانيات تغذيتها على نباتات أخرى غير الحشيشة المعنية المراد مكافحتها. ويجب أن تجرى التجارب الأولية فى المواطن الطبيعية لهذه الحشرات. وعندما تعطى هذه الإختبارات نتائج سلبية فإنه يكون من الضرورى إجراء تجارب أخرى تحت الظروف البيئية الجديدة المزمع توطين الحشرة بها ويجب أن يكون هذا النوع من التجارب محكم التصميم حتى تتم الإستفادة إلى أقصى درجة ممكنة.

إختبار الأنواع النافعة لمكافحة الحشائش

أصبحت الطرق العملية لوقف المخاطر المتعلقة بمكافحة الحشائش بيولوجياً، أو تقليلها إلى أقل حد ممكن، من الأمور المفهومة جيداً. تستبعد التجارب الأولية التى تجرى فى المواطن الطبيعية كل أنواع الحشرات التى تنتمى إلى المجموعة الأولى السابق ذكرها، ولايسمح بالدخول إلى مناطق الإستيراد إلا لتلك الحشرات التى تنتمى بكل تأكيد إلى المجموعة الثانية فقط. ولهذا الغرض فإنه يجب أن يكون هناك دراسة فى الموطن الأصلى لتحديد ما هو المدى الغذائى للحشرة المطلوب إستيرادها وذلك بإتباع طريقة تجارب التجويع، ويجب أن تشمل التجارب تلك النباتات الإقتصادية الأساسية التى تنمو فى هذا الموطن الأساسى والمصاب بتلك الحشيشة. تعطى الحشرة فرصة الإختيار فى التغذية على واحد من هذه النباتات أو أن تجوع، فإذا فضلت الجوع حتى الممات فهذا دليل معقول على أن الحشرة سوف لاتأكل نفس النبات عندما يكون موجوداً ضمن أغذيتها الطبيعية. ولكى تكون هذه الإختبارات كاملة، فإنه يجب إجراؤها مع كل أطوار الحشرة من اليرقة الحديثة حتى الحشرة الكاملة.

ومع كل إختبار، تقسم مجموعة من بيض الحشرة إلى قسمين متساويين ليخرج عشرون يرقة على الأقل من كل مجموعة. توضع يرقات المجموعة الأولى فى قفص به النبات الإقتصادى المراد إختباره، بينما توضع يرقات المجموعة الثانية فى قفص مشابه به الغذاء النباتى الطبيعى، فإذا ما حدث أن يرقات المجموعة الثانية تغذت طبيعياً فى الوقت الذى لم تتغذ فيه يرقات المجموعة الأولى يكون هذا الإختبار محدداً وصحيحاً. ويجب أن تستمر الدراسة على الحشرة التى وقع عليها الإختيار فى البلد المزمع إستيراد النوع النافع اليها وأن يصمم لذلك معمل حشرى لهذا الغرض يتوفر فيه كافة الإحتياجات حتى لا تدخله حشرات غريبة أو تهرب منه من أى منفذ من النوافذ، ويجب أن يكون ذو أبواب محكمة، وأن يكون دخول العمال وغيرهم محكماً، وأن يكون هناك تعليمات خاصة بالتأكد من عدم تعلق أى حشرات فى ملابس العمال الداخلين أو الخارجين من وإلى الحجرات المعزولة.

تتضمن الإختبارات فى الموقع الجديد إعادة تجارب التجويع التى سبق إجراؤها فى الموطن الأصلى، بالإضافة إلى عدد من إختبارات البيض التى تصمم لتحديد إستجابات وضع البيض فى هذه الحشرة. فقد يحدث فى بعض الحالات أن تضع الحشرة بيضها على نبات لا يمكن لليرقات أن تتغذى عليه أو أن تتغذى اليرقات على نبات معين ترفض الحشرة أن تضع بيضها عليه، وفى أى من الحالتين يكون من المرغوب فيه توافر معلومات دقيقة عن إستجابات وضع البيض فى الحشرة موضع الدراسة. تمتد تجارب التجويع لتشمل أيضاً النباتات المتوطنة ذات القيمة الإقتصادية والتى لا تكون فى متناول الحشرة فى أماكن تواجدها الأصلية.

عندما تجتاز الحشرة كل هذه الإختبارات بنجاح، فإنه يتبقى عندئذ العمل الشاق لتدبير الطرق التى بها يمكن تربية هذا النوع بأعداد كافية، حتى يمكن إطلاقها فى الطبيعة.

أولا: بيولوجيا عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش Biology of Weed Control Agents

يستخدم ثلاث مجاميع رئيسية من الكائنات فى المكافحة البيولوجية للحشائش وهى:-

١- مفصليات الأرجل العاشبة Herbivorous arthropods

٢- الممرضات الفطرية Fungal pathogens

٣- الأسماك أكلات الأعشاب Fish

وسوف نتناول فى هذا الجزء بيولوجيا كل من هذه العناصر.

١ – مفصليات الأرجل العاشبة Herbivorous invertebrates

يعتبر التخصص العائلى، ودرجة تأثير وأداء العنصر الحيوى المستخدم فى المكافحة أهم صفتين فى ملامح features بيولوجيا مفصليات الأرجل العاشبة، والتى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند إستعمالها فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش. فالعنصر المستورد الى مناطق جديدة يجب أن يمتلك من درجة التخصص العائلى ما لا يؤثر سلباً على النباتات المحلية أو تلك ذات القيمة الإقتصادية الهامة. كما تعتبر العوامل التى تؤثر على سعة هذا المدى العائلى من الأهمية بمكان عند تصميم إختبارات التخصص العائلى، إذ أن هذه التجارب تحدد مستويات الأمان أو المخاطر التى تحكم قبول أو عدم قبول هذا العنصر أو ذاك كأداة للمكافحة البيولوجية. وعلى نفس النهج أيضاً فإن المعلومات المتعلقة بفسيولوجيا وإيكولوجيا النبات (الحشيشة) لها من الأهمية فى تفهم الصفات البيولوجية التى تحدد أى من العناصر يكون فاعلاً فى خفض تعدادات نباتاتها المستهدفة ولماذا كان لها هذا التأثير. يتطلب الأمر أيضاً معلومات إيكولوجية أبعد من ذلك للوقوف على أى مستوى من الضرر يمكن أن يؤثر على تعدادات الحشائش المستهدفة متضمناً التأثير على كثافة الحشيشة ومعدل إنتاجها.

وغالباً ما يكون التفاعل interaction بين المنصر المستخدم والحشيشة المستهدفة والبيئة أمر فاصل فى تحديد نجاح أو فشل عنصر حيوى معين فى بيئة بعينها. هناك مواضيع أخرى يجب مناقشتها، بجانب مناقشة حدود المدى العائلى للنوع العاشب، مثل طرائق قياس هذا المدى، وطبيعة التأثيرات الفسيولوجية للأنواع العاشبة على النباتات، وبعض التفاعلات الأخرى التى تشكل الحاصل النهائى لمشاريع المكافحة البيولوجية للحشائش. ومن بين هذه التفاعلات ما هو قائم بين الأنواع المختلفة العاشبة، وتلك التى بين الحشائش المستهدفة وغيرها من النباتات المنافسة، وتلك التى بين عوامل الضغط المختلفة من الأنواع العاشبة والعوامل غير الحيوية.

وأخيراً، لابد أن يؤخذ فى الإعتبار تجميع كل ما يمكن من معلومات حول العنصر الحيوى والحشيشة المستهدفة والظروف البيئية المحيطة حتى يتسنى الإختيار الأفضل للعنصر الحيوى.

المحددات البيولوجية لمدى العوائل النباتية Biological determinants of Host plant range

لماذا يتغذى نوع معين من المفصليات العاشبة ويضع بيضاً على بعض النباتات ولا يستطيع ذلك فى البعض الآخر؟ سؤال بيئى هام وفاصل يتمركز حوله العديد من الدراسات. يعتبر تقدير درجة التخصص العائلى لأحد العناصر المرشحة للإستيراد لإستغلاله فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من الضروريات الأساسية عند التخطيط لمكافحة الحشائش بيولوجياً.

يشمل إدخال نوع نباتى ضمن المدى العائلى لعاشب من مفصليات الأرجل خطوتين أساسيتين هما العثور finding على وقبول العائل النباتى (عادة بواسطة الحشرة الكاملة البياضة)، وقبول الحشيشة للتغذية عليه بنجاح (عادة بواسطة اليرقات والحوريات). ويعتقد، من بين هاتين الخطوتين، أن العثور على وقبول الحشيشة بواسطة كوامل الحشرة هو العامل الذى غالباً ما يحدد سعة المدى العائلى لمفصليات الأرجل العاشبة. هناك العديد من العوامل التى يمكن أن تؤثر على قدرة كوامل الحشرات البياضة فى الوصول إلى locate أنواع نباتية معينة ثم تقرر بعد ذلك قبوله أو رفضه كمكان لوضع البيض. تتضمن هذه العوامل صفات النبات features ومكوناته الإيكولوجية ecological community (مثل كيمياء النبات، ومورفولوجيا النبات، والتوزيع الحيزى (الفراغى) spatial والتداخلات البيولوجية)، وأيضاً صفات الحشرة ذاتها (مثل حمل البيض egg-load وملامستها السابقة للعائل النباتى، وعمر الحشرة ودرجة الجوع). وعموماً فإن هذه العوامل تحدد المدى العائلى فى الطبيعة أو ما يعرف بالمدى العائلى الإيكولوجى ecological host range والذى غالباً ما يختلف عن المدى العائلى تحت ظروف الإختبارات المعملية وهو ما يعرف بالمدى العائلى الفسيولوجى physiological host range. تتضمن العوامل التى تشكل المدى العائلى الإيكولوجى كل من: ١- فسيولوجيا الحشرة العاشبة والمحفزات الحسية sensory cues، ٢- تاريخ النمو والخبرة.

١- فسيولوجيا الحشرة العاشبة والمنبهات الحسية:

يمكن الوقوف على خمس عوامل تعمل كمحفزات سريعة immediate cues لإختيار الحشرة العاشبة البياضة لعائلها النباتى وهى كيمياء النبات، وصفاته المورفولوجية، والتغيرات البيئية، والتداخلات البيولوجية للنباتات، والعوامل الفسيولوجية للحشرة.

يمكن أن تتضمن صفات النبات الكيميائية المؤثرة على كوامل الحشرات البياضة مواد خاصة جاذبة أو مواد خاصة طاردة أو غيرها من المحفزات cues العامة الأخرى مثل السكريات والماء وغيرها. وقد وجد أن قبول العائل النباتى من ناحية الحشرة الكاملة وصلاحيته للتغذية من ناحية اليرقات أقل ارتباطاً مما كان يعتقد. فقد لوحظ فى حالات كثيرة أن يكون النبات مناسباً من الناحية الغذائية للنمو اليرقى للحشرة، لكنه يرفض بواسطة الحشرة الكاملة البياضة، والعكس فى حالات كثيرة أيضاً يكون فيها النبات المناسب لوضع البيض ليس هو الأمثل للتغذية اليرقية. ويظهر أن كيمياء النبات تؤثر على كل من القبول والصلاحية بطريقة منفصلة وليست دائماً فى نفس الإتجاه، ولكن بسبب أن إختيار النبات يتم بواسطة كوامل الحشرات البياضة تصبح هى

المتحكمة فى هذه الخطوة وبالتالى تؤثر بقوة على المدى العائلى. يشذ عن هذه القاعدة الأنواع الحشرية التى تضع بيضها بعيداً عن العائل النباتى ثم تنتشر صغارها بحثاً عن الغذاء. وغالباً ما تكون الأنواع الحشرية العاشبة محدودة المدى العوائلى مهيأة للإستجابة لمواد كيميائية معينة متواجدة فى عوائلها النباتية. أما الأنواع الواسعة المدى العوائلى فغالباً ما تستجيب بدرجة أكبر لمنبهات غير متخصصة تتواجد فى غيبة المركبات الطاردة الخاصة.

أما عن الصفات المورفولوجية للنبات فيمكن أن يؤثر العديد منها مثل الشكل والحجم واللون والملمس والمظهر العام على إختيار الحشرة العاشبة لعائلها النباتى لوضع البيض عليه.

أما عن التغيرات البيئية، فيمكن أن يزيد أو يقلل العديد من العوامل البيئية فى قبول الحشرة العاشبة لنبات معين. فعلى سبيل المثال هناك إختلافات فى الإستجابة تجاه النباتات النامية فى مساحات مشمسة وتلك فى الأماكن الظليلة. كذلك يمكن أن تكون النباتات التى تعانى من العطش أكثر أو أقل جذباً لكوامل الحشرات البياضة عن تلك التى لا تقع تحت ضغط نقص الماء. وكذلك النباتات ذات القيمة الغذائية المنخفضة يفضل إستخدامها فى المناطق التى يطول فيها الموسم ذو الحرارة المعتدلة بدرجة تسمح بإستكمال دورة حياة الحشرة ولكن ليس فى المناطق التى يقصر فيها الموسم الحرارى المناسب للنمو.

أما عن التداخلات البيولوجية للنباتات، فيمكن أن تؤثر كثافة النبات مثلاً فى إستجابات الحشرات العاشبة لوضع البيض، إذ يمكن أن تنجذب العاشبات المتخصصة إلى المواقع الكثيفة للنبات العائل. كما يمكن أن يزيد أو يقلل تواجد أنواع نباتية أخرى من درجة قبول العائل النباتى. فعلى سبيل المثال، فإن النبات الأقل تفضيلاً يمكن أن يستعمل لو تواجد مع نبات أكثر تفضيلاً.

أما عن تأثير العوامل الفسيولوجية للحشرة فيمكن أن يؤثر حمل البيض لها egg load، وعمر الحشرة فى درجة إستعداد الأنثى لوضع البيض. ففى بعض الأنواع الحشرية، تكون الإناث ذات حمل البيض الكبير على إستعداد لقبول عوائل نباتية أقل تفضيلاً لوضع البيض. كما أن الإناث الأكبر عمراً من ذبابة التفاح *Rhagoletis pomomella* تكون أكثر قابلية، مع تقدم عمرها، لعوائل نباتية لا تقبل بواسطة إناثها الأصغر عمراً.

٢- تاريخ نمو الحشرة العاشبة والخبرة:

يمكن أن تؤثر الخبرة المبكرة لكوامل الحشرات، مثل الخبرات المكتسبةgained experiences من العائل النباتى من خلال الطور اليرقى بعد خروجه كحشرة كاملة، يمكن أن تؤثر فى تفضيل العائل. يمكن أن تغير مثل هذه الخبرات من حساسية أعضاء الحس السطحية لمنبهات العائل

النباتي، أو يمكن أن تغير من إستجابة الجهاز العصبي المركزي للمنبهات. قد تحدث هذه التأثيرات منفصلة عن بعضها أو مع بعضها. ويمكن أن تتعلم الحشرات إستعمال أنواع جديدة من العوائل النباتية وبصفة خاصة عند ندرة العائل المفضل وتواجد العوائل الأخرى.

إختبارات المدى العائلي والتقييم الحقلي:

الهدف من إختبارات المدى العائلي هو تقدير الأنواع النباتية التي يمكن أن تهاجم بواسطة الحشرة العاشبة بعد إطلاقها في الموقع الجديد. تتضمن طرائق تحديد المدى العائلي إختبارات معملية لتحديد المدى العائلي الفسيولوجي physiological host range للطور المتغذي، وإختبارات لتحديد أي من العوائل النباتية مقبولاً لوضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة للعاشب. بالإضافة إلى هذا، فإن إختبارات الإختيار لوضع البيض تحت الظروف الحقلية في الموطن الأصلي للحشرة يمكن أن تتم لكي نستبعد أي أخطاء يمكن أن تنشأ بسبب الظروف غير الطبيعية التي تكتنف التجارب المعملية.

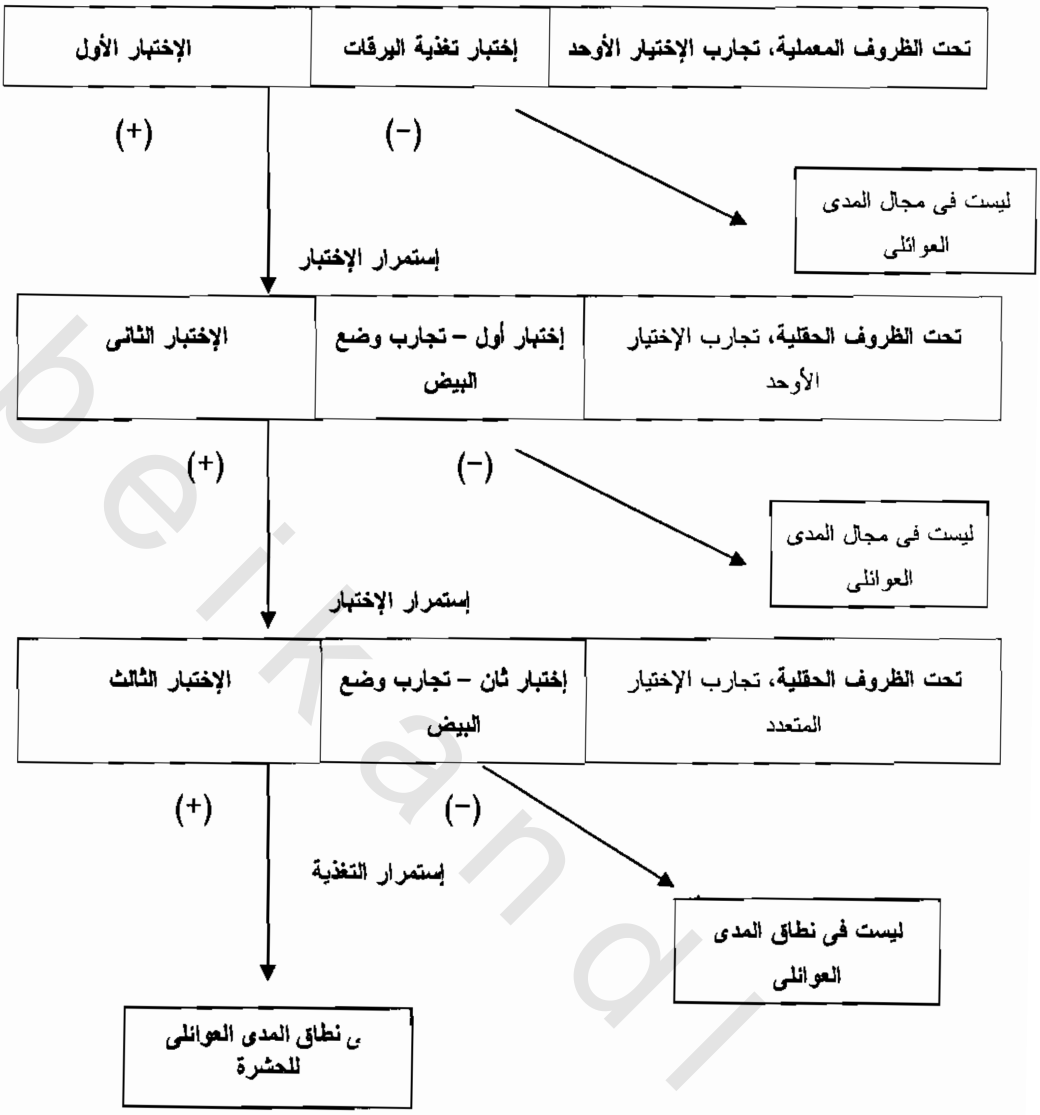
يسمح تكامل البيانات من الإختبارات المتنوعة بالتقدير السليم للمدى العائلي. وهناك طريقة لهذا التكامل يطلق عليها "Reverse order sequence" لتحديد المدى العائلي يمكن تلخيصها كما يلي (شكل ٧: ١): يبدأ التتابع sequence بإختبارات تغذية اليرقات (تحت الظروف المعملية)، ثم يلي ذلك تجارب وضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة تحت الظروف المعملية أيضاً، ثم إختبارات تحت ظروف الحقل المفتوح. يتم إستبعاد أي نباتات لا تقبل في أي من هذه المستويات من المدى العائلي للحشرة. كذلك يعتبر النبات الذي يتم التغذية عليه بواسطة اليرقات تحت الظروف المعملية لكن لم يصلح لوضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة خارج المدى العائلي للحشرة العاشبة. تخضع النباتات المرشحة للمدى العائلي للحشرة العاشبة إلى إختبارات إما منفردة (تجارب الإختيار الأوحد no- choice test) أو في مجاميع من الأنواع العديدة (تجارب الإختيار المتعدد multi choice test). في بعض الحالات، سوف تقبل النباتات لوضع البيض في تجارب الإختيار الأوحد في حالة عدم تواجد العائل المفضل. فعلى سبيل المثال، وضعت إناث ناخرة الأوراق *Hydrellia pakistanae* بيضاً على حشائش البرك *P. perfoliatus, Potamogeton crispus* في حالة عدم وجود عائلها المفضل *Hydrilla verticillata*، لكنها إستقبلت عدد قليل من البيض أو قد لا يوضع عليها بيض على الإطلاق في حالة تجارب الإختيار المتعدد. كذلك فإن السوسة*Neohydronomus affinis* تغذت ووضعت بيضاً على أنواع من النبات في تجارب الإختيار الأوحد لكنها لم تستعمل هذه النباتات في تجارب الإختيار المتعدد التي تضمنت عائلها النباتي المفضل *Pistia stratiotes*.

بالنسبة للحشرات التى لها القدرة على نقل الممرضات النباتية مثل حشرات المن، فإن تجارب الغربلة screening يجب أن تتضمن أيضاً إختبارات عن قدرة النوع فى نقل مجموعة من الممرضات النباتية التى يمكن أن تتواجد فى موطن الإستيراد. مثل هذه الغربلة يجب أن تركز على كل من تقدير قدرة عنصر حيوى على نقل أى أمراض للحشيشة المستهدفة (وهو ما يعرف بالقدرة المرغوبة desire ability) وأمراض لأنواع أخرى من النباتات (والتى لابد أن تكون غير مرغوبة). ويعتبر تحديد المدى العائلى للممرضات من الأهمية بمكان شأنه فى ذلك شأن العناصر البيولوجية المستوردة.

وبمجرد إتمام تقدير المدى العائلى عن طريق هذه التجارب، لابد من تحديد درجة التخصص العائلى المطلوبة لموقع معين. يكون عدد قليل من العاشبات وحيدة العائل ، لكن معظم الأعداء الحيوية المستخدمة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش محدودة العوائل. مثل هذه العناصر يجب أن يتم التأكد من أن لها عوائل محدودة بدرجة كافية فيما لو أنها لم تهاجم أى من الأنواع النباتية الهامة ذات القيمة الإقتصادية أو النباتات المحلية أو على الأقل لا يهاجم أى من النباتات المحلية بدرجة كبيرة تقلل من تعداداتها عن المستوى الطبيعى لها. عادة لا تستخدم العاشبات العديدة العوائل كعناصر للمكافحة البيولوجية، لكن قد نرغم على إستعمالها فى بعض الحالات. وهذا يحدث، على سبيل المثال، فيما لو أن العناصر ذات المدى العائلى الواسع سوف تستورد إلى مواقع فيها الحشيشة المستهدفة هى العائل الوحيد فقط ضمن عوائلها، أو فيما لو أن العوائل الأخرى من المدى العائلى فى البيئة المستهدفة كانت أيضاً حشائش.

يعقب إطلاق عناصر المكافحة البيولوجية فى المواقع الجديدة، دراسات حقلية للوقوف على المدى العائلى للنباتات التى تهاجم فعلاً تحت الظروف الحقلية. تسمح مثل هذه الدراسات، بما تمده من معلومات، بدقة المعلومات التى تم الحصول عليها تحت الظروف المعملية فيما يتعلق بالمدى العائلى. من الممكن أن تهاجم الحشرات العاشبة المستوردة أنواعاً نباتية إضافية خارج المعروف عن مداها العائلى والتى تتواجد فى نفس الموقع عندما تكون تلك النباتات متشابهة كيميائياً ومورفولوجياً وفينولوجياً phenologically مع العائل النباتى الطبيعى.

إختبارات المدى العائلى للحشرة العاشبة


تحت الظروف المعملية، تجارب الإختيار الأوحد
إختبار تغذية اليرقات
الإختبار الأول
(+)
(−)
ليست فى مجال المدى العوائلى
إستمرار الإختبار
تحت الظروف الحقلية، تجارب الإختيار الأوحد
إختبار أول – تجارب وضع البيض
الإختبار الثانى
(+)
(−)
ليست فى مجال المدى العوائلى
إستمرار الإختبار
تحت الظروف الحقلية، تجارب الإختيار المتعدد
إختبار ثان – تجارب وضع البيض
الإختبار الثالث
(+)
(−)
إستمرار التغذية
ليست فى نطاق المدى العوائلى
ى نطاق المدى العوائلى للحشرة

شكل (١:٧) تسلسل الإختبارات التى تجرى لتحديد المدى العائلى للحشرة العاشبة المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش.

تأثير العاشب على النباتات:

تقع التأثيرات التى يحدثها العاشب المفصلى الأرجل للنباتات تحت مستويين: المستوى الأول يشمل تغير فى أداء النباتات، والمستوى الثانى يشمل تغير فى ديناميكية تعداد النبات المستهدف. يؤثر العاشب الحشرى على أداء النبات بوسائل عدة منها تقليل الإزهار وتكوين البذور، وتقليل فترة حياة البادرة seedling survival، وتأخير النمو والإنتاج، وتقليل القدرة التنافسية مع غيره من النباتات القائمة، وتقليل المخزون داخل الجذور مع زيادة حساسية النبات لعوامل الضغط غير الحيوية، وزيادة نسبة موت النباتات القائمة.

وتعتبر التأثيرات على أداء النبات ذات أهمية محدودة بالنسبة للمشتغلين فى مجال المكافحة البيولوجية، إذ أن الفيصل الحرج هو كيف وإلى أى مدى تغير هذه التأثيرات من ديناميكية تعداد الحشيشة المستهدفة. تتضمن بعض من هذه التغيرات تقليل إنتعاش نمو البادرات (بسبب هلاك البذور)، وزيادة معدل الموت المباشر للنباتات القائمة بسبب العاشب الحشرى، والموت غير المباشر للنباتات القائمة نتيجة التأثير المشترك للعاشب الحشرى مع عوامل الضغط الأخرى.

تقليل إنتعاش تعدادات النبات Reduced recruitment of the plant population

غالباً ما تستورد الحشرات المتغذية على البذور لمكافحة الحشائش بهدف تخفيض إنتاج البذور الذى يقلل بالتالى النمو والإنتعاش فى طور البادرة. إلا أن العلاقة بين إنتاج البذور وإنتعاش البادرات غالباً ما لا تكون خطية. فقد يكون معدل إنتاج البذور محددا لبعض أنواع النباتات مثل بعض الحوليات، لكن ليس كذلك بالنسبة للنباتات الخشبية المعمرة المستديمة. لو أن تعدادات كبيرة من البذور تراكمت وعاشت فى التربة وكانت الظروف البيئية المحيطة بها مناسبة تماماً للإنبات لكن كانت هناك ندرة فى إنتعاش نمو البادرات، فهذا يرجع إلى عدم القدرة على الإنبات بسبب هلاك البذرة.

هناك من الأمثلة ما يوضح إنخفاض إنتعاش ونمو البادرات عقب إطلاق الحشرات المتغذية على البذور، فبعد إطلاق الحشرة *Trichapion lativentre* بعد إستيرادها من جنوب أفريقيا، إنخفض إنتاج بذور عائلها *Sesbania punicae* بنسبة ٩٨%، ثم إستطاع عنصر حيوى ثان أستورد مؤخراً هو السوسة *Rhyssomatus marginatus* من إهلاك ٨٤% من البذور المتبقية، وبذا إستطاع كلا العنصرين الحيويين معاً من إيقاف نمو هذه الحشيشة تماماً، إذ أدى توقف إنتاج البذور إلى إنخفاض فى معدل الإنبات وبطء فى سرعة إنتشار هذه الحشيشة فى الموطن الجديد.

الموت المباشر للنباتات القائمة:

يمكن للعاشب المفصلى الأرجل أن يقتل عوائله النباتية بسرعة بالإلتهام الكامل لكل النباتات، أو بالإفساد الواضح لأنظمة النبات التركيبية مثل ما يتعلق بأوعية نقل الماء، أو بتساقط الأوراق وما يترتب علي ذلك من فقد المخزون من الكربوهيدرات، وبالتالى عدم القدرة على تجديد النمو الورقى للنباتات. وفى بعض الحالات، قد يلعب العاشب الحيوى دوراً مع عناصر إضافية أخرى مسبباً موتاً غير مباشر للنباتات.

الموت غير المباشر بسبب الحشرة العاشبة:

تقلل الحشرة العاشبة من الكتلة الحيوية biomass المتواجدة فى النبات، وتقلل من إحتياطي المخزون فى الجذور أو في أى أعضاء أخرى، وتقلل من معدل نمو الكتلة الحيوية الجديدة new plant biomass. يتم ذلك كله من خلال مظاهر عدة منها تساقط الأوراق، ونضوب عصارة النبات بواسطة الحشرات الثاقبة الماصة، وإهلاك الجذور بواسطة الحشرات المتغذية على الجذور، والأورام فى أنسجة النبات.

عادة ما تكون العلاقة بين أداء النبات (كنمو عام أو إنتاج بذور) والضرر الناتج من الحشرة العاشبة علاقة خطية linear. لكن قد يكون لعديد من النباتات القدرة على تعويض الضرر الناشئ من الإصابات المتوسطة لدرجة أن العلاقة بين نسبة النباتات الميتة ودرجة الضرر الناتج من الحشرة غالباً ما تكون غير خطية، إذ تكون نوعاً ما محكومة judged بمستوى الضرر. فعلى سبيل المثال تستطيع عديد من نباتات المسطحات الخضراء أن تعيش بحالة جيدة إذا وصل معدل الفاقد من الكتلة الحيوية إلى ٤٠% سنوياً، لكن إذا زاد هذا المعدل إلى ٥٠% يحدث إنخفاض فى حالتها الصحية.

بالإضافة إلى كمية المخزون الغذائى من الكتلة الحيوية التى تستهلك، فإن قدرة النبات على الحياة، عند مهاجمته بالعاشب، تتوقف على أى من أجزاء النبات تم إهلاكه نسبة إلى بقية الأعضاء المستعملة فى تخزين الإحتياطى من الكربوهيدرات، وأيضاً على التوقيت الذى حدث عنده الضرر نسبة إلى موسم النمو. ففى أنواع النباتات التى يخزن فيها الكربوهيدرات فى المجموع الخضرى، فإن تساقط الأوراق يؤدى إلى موت النبات بدرجة أكبر من تلك النباتات التى يخزن فيها الإحتياطي فى الجذور. مثل هذه الأنواع الأخيرة، على العكس من النوع الأول، تكون قادرة على الإستشفاء من تساقط الأوراق بإستخدام المخزون الإحتياطي فى جذورها. غالباً ما يكون تساقط الأوراق مبكراً فى الموسم أقل أهمية بالنسبة للنبات من تساقطه فى منتصف الموسم

والسبب فى ذلك يرجع إلى أنه فى الحالة الأخيرة لا يكون هناك وقت كاف لتجديد النمو الخضرى وإستغلاله فى تكوين مخزون جديد من الكربوهيدرات. أيضاً وقت تساقط الأوراق نسبة لنمو النبات يكون من الأهمية بمكان. يتسبب تساقط أوراق النبات *Carduus thoermeri* فى طور التزهير فى موت النبات، بينما نفس المستوى من التساقط بعد فترة الإخصاب والعقد يكون له تأثير طفيف.

يكون لتكوين الأورام فى أجزاء النبات تأثيراً كبيراً عند مهاجمة الأنسجة مبكراً فى فترة نمو النباتات. إذ ينصرف النبات، كرد فعل، فى تكوين هذه الأورام بدلاً من تكوين أنسجة جديدة. تعمل الأورام الكثيرة كبالوعات للغذاء فيقل النمو الخضرى ويقل الإنتاج إذا كانت الأورام فى مواقع الأنسجة التكاثرية.

طرق قياس التأثيرات على ديناميكية تعداد النبات:

أخيراً لابد أن يترجم تأثيرات العاشبات على أداء النبات بتأثيرات واضحة على ديناميكية تعداداته. أستعمل لهذا الغرض وسائل تعتمد على تهيئة مواقع تفتقر إلى العدو الطبيعى وأخرى تحتوى على العدو الطبيعى الذى يقّيم تأثيره. يمكن تقييم النباتات المحلية (أو تلك الدخيلة المستقرة تماماً) بإستخدام المبيدات الحشرية لإستبعاد العنصر الحيوى من بعض المواقع ومقارنة التغيرات فى أعداد النباتات بها مع مواقع أخرى لم يتم معالجتها بالمبيد فى المنطقة. أستخدم هذا التكنيك، على سبيل المثال، لتقييم تأثير أنواع الخنافس *Trirhabda* spp. على حشيشة *Solidago canadensis*. بالنسبة للعناصر البيولوجية الداخلة فى نطاق الإستيراد، فيمكن الحصول على نتائج تجريبية بدراسة تعدادات النبات قبل وبعد إستيراد العنصر الجديد ومقارنة تلك الإختلافات مع مواقع أخرى يتم إجراء الدراسات فيها فى نفس الفترة الزمنية مع عدم إطلاق العدو البيولوجى بها. أستخدم هذا التكنيك، على سبيل المثال، لتقييم تأثير نوعين من السوس المستورد على حشيشة *Tribulus terrestris*. يمكن إستخدام الإختبارات المعملية أو إختبارات الأقفاص الحقلية (مع إستخدام أعداد مختلفة من العنصر البيولوجى على كل نبات) لتقييم قدرة عنصر المكافحة البيولوجية فى التأثير على أداء النبات من خلال تقدير نسبة الموت وتقليل النمو والإنتاج، أو قدرة النبات على تعويض الضرر.

التداخلات بين العاشب وعوامل الضغط الأخرى:

يعتمد درجة فقد المخزون الغذائى من النبات على التوقيت وعلى قوة عوامل الضغط الأخرى التى تؤثر على النبات.

الضغوط المتضاعفة من عاشبات مختلفة:

فى الأجواء التى تفتقر نسبياً الى عوامل الضغط غير الحيوية على النباتات (لايوجد شتاء بارد أو درجة حرارة عالية بدرجة كبيرة أو فترات جفاف)، قد يكون هناك حاجة إلى سلسلة من إستيراد حشرات عاشبة تعمل بالتتابع على مدار السنة لتهيئة عامل ضغط متراكم على النبات بدرجة تكفى للحد من إنتشاره. فعلى سبيل المثال، لم يتحقق مكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* بواسطة العاشب *Teleonemia scrupulosa* بالرغم من إسقاطه للأوراق سنوياً إلى أن تم إستيراد عناصر إضافية تهاجم النبات خلال أشهر الشتاء. كذلك أمكن الحد من إنتاج البذور للحشيشة *Sesbania punicae* بدرجة كبيرة عن طريق التأثير المشترك لنوعين من الحشرات آكلات البذور. كذلك أثبتت الدراسات أن تأثيرات الحشرات المستوردة المهاجمة للحشيشة *Senecio jacobaea* كان بسبب التأثيرات المشتركة لنوعين من الحشرات العاشبة وهما الفراشة *Tyria jacobaeae* و الخنفساء *Longitarsus jacobaeae*.

ضغط العاشب الذى يعقبه مباشرة ضغط غير حيوى

تميل النباتات التى تتساقط أوراقها، أو على الأقل أضيرت ضرراً بليغاً بالحشرات العاشبة إلى أن تجدد نمواتها كرد فعل لهذا الضرر، معتمدة فى ذلك على المخزون من الكربوهيدرات لتدعم هذا التجديد، وهذا غالباً ما يؤدى إلى نقص المخزون إلى مستويات منخفضة. تعمل النموات الجديدة على إعادة بناء المخزون من الكربوهيدرات وبالتالى تكون النباتات التى إستعملت مخزونها الكربوهيدراتى فى إعادة النمو أكثر حساسية لعوامل الضغط غير الحيوية (مثل إنخفاض درجة الحرارة أثناء الشتاء أو الجفاف أثناء الصيف) خلال تلك الفترة إلى أن يتم إعادة التخزين. ولذلك فإن تأثير هذه الدورة من التساقط وإعادة التوريق يكون أكثر شدة فيما لو حدثت مع بعضها أو قبل فترة تأثير عوامل الضغط غير الحيوية مباشرة (شتاء قارص البرد أو صيف جاف تماماً). أما إذا حدثت عوامل الضغط الإضافية هذه متأخراً، فسوف يكون هناك وقت كاف للنباتات فى أن تعيد توريقها وتخزين الكربوهيدرات، وتصبح أقدر على تحمل عوامل الضغط غير الحيوية. فعلى سبيل المثال، أدى سقوط أوراق الحشيشة *Senecio jacobaea* بواسطة يرقات الفراشة *Tyria jacobaeae* إلى تقليل المخزون الكربوهيدراتى فى الجذور وزيادة معدل الموت بسبب الصقيع. وجد علاقة موجبة، لكنها ضعيفة، بين تأثير الماء كعامل ضاغط والحشرات العاشبة من المن والعناكب على حشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* .

العاشب وأمراض النبات Herbivory and plant diseases

يزيد إستقرار الحشرات العاشبة من حساسية النباتات للممرضات النباتية. يعتقد أن موت الحشيشة *Mimosa pigra* بواسطة الممرض *Botryodiplodia theobromae* كان نتيجة تحفيز فراشة حفار الساق التى أستوردت وإستقرت تماماً ضد هذه الحشيشة.

العاشب وإشتراكه مع منافسة النباتات الأخرى

تتنافس النباتات مع غيرها من الأنواع النامية حولها من أجل الماء أو المكان أو الغذاء. فعلى سبيل المثال يعتبر النجيل من أهم المنافسين لحشيشة *Centaurea maculosa* إذ يقلل من معدل تزهيرها بمقدار ١٧% عن الكنترول الذى ينعدم فيه منافسة النجيل. وتعتبر قوة هذه المنافسة من النباتات المجاورة عامل هام يزيد من تأثير الضرر الناتج عن العاشب ضد الحشيشة المستهدفة. يمكن أن تستغل تجارب الدمج بين المنافسة النباتية والعدو الحيوى فى التقييم الكمى للعلاقة بين هذه العوامل. أمكن تقييم منافسة نبات القمح للحشيشة *Amsinckia intermedia* فى وجود أو عدم وجود النيماتودا *Anguina amsinckiae*، ووجد أن وجود هذه النيماتودا أدى إلى زيادة منافسة نبات القمح مع الحشيشة بدرجة كبيرة.

تكون قدرة الحشائش على تعويض الضرر الذى يسببه العاشب بزيادة نموه، تكون أعظم فى غياب المنافسة وتوافر الماء والغذاء. عندما تزداد منافسة النبات فإن الحشيشة المستهدفة تكون أقل قدرة على إستعادة نموها بعدما أضيرت بواسطة العاشب. كذلك يمكن أن تستغل النباتات المنافسة المساحات التى خلت بموت نباتات الحشيشة المستهدفة فيما لو أسرعت فى ملء هذه الفراغات بحيث تصبح غير ملائمة لنمو وإستقرار بادرات الحشيشة المستهدفة.

التفاعلات المشتركة Community interactions

بعيداً عن التأثيرات على النباتات المحلية، والكائنات غير المستهدفة، فإن مجهودات المكافحة البيولوجية للحشائش قد يرتبط بها من الظواهر ما يجب ملاحظتها ومنها:

١- بعض الأنواع من الحشرات العاشبة المستوردة قد تصبح عوائل أو فرائس للأعداء الطبيعية المحلية وعادة من الأنواع عامة التغذية التى لها مدى واسع وعريض. فعلى سبيل المثال، فقد نجح العاشب الحشرى *Pareuchaetes pseudoinsulana* فى بعض المواقع كعنصر للمكافحة البيولوجية للشجيرة العشبية *Chromolaena odorata* بينما فشل تماماً فى أن يتأقلم فى مساحات أخرى حيث تعرض لهجوم وإفتراس حشرات النمل له. وبنفس الشئ تعرضت الحشرة *Cystiphora schmidti* للتطفل بشدة فى بعض المناطق بالطفيل المحلى *Mesopolobus* sp.

٢- الفراغ الذى يخلف المكافحة البيولوجية الناجحة لحشيشة مستهدفة لابد أن يملأ، لكن قد تختلف طبيعة الأنواع النباتية التى ستملأ هذا الفراغ. فى بعض الأنظمة قد تتزايد الأنواع المحلية، وفى بعض المراعى قد يمكن إبذار أنواع مرغوبة من الأعلاف فى هذه المناطق المتاحة. ولو أن فى بعض الظروف قد يؤدى الحد من إنتشار الحشيشة المستهدفة إلى زيادة فى أنواع الحشائش الأخرى.

٣- الأنواع النباتية القريبة من الحشيشة المستهدفة وغير المفضلة كعوائل يمكن أن تهاجم عندما يتواجد النوع الأقل تفضيلاً مع النوع المستهدف المفضل مع بعضهما.

إنتقاء العنصر الحيوى Agent selection

ليس فى الإمكان التوقع الدقيق عن أى من العناصر البيولوجية المرشحة سوف يكون فاعلاً ضد الحشيشة المستهدفة. وبسبب إرتفاع تكاليف إختبارات التخصص العائلى، فإن الأسس التى يمكن أن يعتمد عليها فى وضع العاشب الحشرى تحت مجموعة الأنواع "غير المستحبة" أو "الأنواع الممكنة" تعتبر كافية. عندما تكون الأنواع ممكنة، فإن أفضل السبل الفاعلة لإنتقاء عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش هو غالباً إختيار الأنواع التى نجحت فى مكافحة الحشيشة المستهدفة في البلاد الأخرى ذات الظروف الجوية المشابهة لمناطق الإستيراد. فعلى سبيل المثال، أستخدام العاشب الحشرى *Cyrtobagous salviniae* فى مكافحة الحشيشة *Salvinia molesta* فى جنوب أفريقيا كان إختيار واضح تابع لنجاح إستخدامه مبكراً فى أستراليا وغينيا. بصفة عامة، فقد أقترح ثلاث سبل لإنتقاء العنصر الحشرى.

١- إجراء دراسات عن الحشيشة في مواطنها الأصلية، وتحديد العناصر ذات التأثير الأكبر عليها هناك.

٢- دراسة السجل التاريخى للمشاريع السابقة وتحديد، لو أمكن، أي صفات للعناصر الحيوية أو عوائلها التى عادة ما أعطت نتائج ناجحة.

٣- يمكن أن تصنف scored العناصر وفقاً للخصائص النوعية التى تمتلكها والتى يعتقد، على أسس نظرية أنها ستكون من العناصر الناجحة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش.

تتضمن الصفات التى يعتقد أهميتها فى عناصرالمكافحة البيولوجية ما يأتى:-

أ- يجب أن يكون العنصر الحيوى ذو كفاءة تناسلية تسمح له بزيادة أعداده بالدرجة الكافية لإهلاك عائله.

ب- العنصر الناجح هو ذلك النوع الذى يتمم عمل الضغوط التى تتعرض لها الحشيشة بواسطة العناصر الأخرى فى النظام البيئى.

ج- أنواع العناصر الحيوية ذات الأعداء الطبيعية التى تحد من نشاطها فى موطنها الأصلى يمكن أن تكون مؤثرة ومرغوبة بدرجة كبيرة على فرض أن هذه الأعداء يمكن إستبعادها أثناء عمليات الإستيراد، وعلى فرض أيضاً أنه ليس من المحتمل تواجد أنواع من الأعداء الطبيعية تحل محلها فى منطقة الإستيراد.

وبينما لايوجد دليل مفصل لإنتقاء العنصر الحشرى فإن تلك التصورات وغيرها من التصورات العامة يمكن أن تساعد إلى حد ما فى إنتقاء العنصر المناسب. فعلى سبيل المثال، كانت الظواهر البيولوجية للعنصر الحيوى *Taphrocerus schaefferi* غير مبشرة على أنه سوف يكون فاعلاً ضد حشيشة *Cyperus esculentus* بسبب وجود ظاهرة الإفتراس الذاتى بين أفراده مما يحد من تعداداته المطلوبة لمواجهة الحشيشة، إضافة إلى أنه عرضة للتطفل، مع إحداثه لأضرار بسيطة للحشيشة.

٢- الممرضات النباتية Plant pathogens

تؤثر الممرضات النباتية على نمو وحياة عوائلها بوسائل مختلفة، متضمناً تتكرز necrosis الأنسجة المختلفة، والذبول الدائم بسبب إنسداد الأوعية الخشبية أو كرد فعل للتوكسينات، وتضخم فى حجم الخلايا hypertrophy، أو تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوى hyperplasia (فرط الإستنساخ)، أو تساقط الأوراق leaf abscission أو الشحوب etiolation أو المنع من التكاثر. وعلى العكس من مفصليات الأرجل التى أستخدمت من أجل مكافحة الحشائش كعناصر فى برامج الإستيراد، فإن الممرضات النباتية أستخدمت فى كل من برامج الإستيراد والإكثار augmentation التي فيها يستخدم العنصر الحيوى كمبيد حيوى للحشائش bioherbicides. غالباً ما تمتلك عناصر هذين الغرضين صفات بيولوجية مختلفة. وبينما تتواجد مجاميع عديدة من هذه الكائنات ممرضة للنبات (بكتريا، فطر، فيروس، نيماتودا) إلا أن الفطريات نالت الإهتمام الأكبر كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش.

من الصفات الهامة فى الممرضات المستخدمة فى برامج الإستيراد أن تكون عالية التخصص العائلى، عالية المرضية pathogenicity، ولها القدرة على الإنتشار سريعاً بين مواقع النبات العائل، ففطر الصدأ، على سبيل المثال، يمتلك هذه الصفات. ومن بين فطريات الصدأ، تكون الأنواع التى تتطلب عائلاً واحداً لإتمام دورة الحياة مناسبة للإستعمال، أما الأنواع التى

تتطلب عائلين (وهما طبعاً منفصلين تقسيمياً) فهى غير مناسبة ما لم يكن كلا الحشيشتين مناسبتين كأهداف للمكافحة البيولوجية. الممرضات الصدأية لها فاعلية كبيرة كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش وكل النجاحات الهامة تمت بإستخدام هذه المجموعة من العناصر البيولوجية. على سبيل المثال، أطلق الفطر الصدأى *Uromyces heliotrophi* فى أستراليا لمكافحة الحشيشة *Heliotropium europaeum* بنجاح.

بالنسبة للممرضات الفطرية أو غيرها من الممرضات التى يمكن إستعمالها كمبيدات حيوية للحشائش، فإن صفة سرعة الإنتشار ليست ذات أهمية كبيرة بصفة خاصة بسبب أن العنصر البيولوجى سوف يستخدم طبيعياً على النباتات لقتلها، وأن الإنتشار إلى مساحات جديدة ليس مرغوباً فيه. تعتبر القدرة المرضية العالية والتخصص العائلى من أهم صفات هذه المجموعة. عادة ما تكون الممرضات الفطرية الصدأية – التى يجب تربيتها فى عوائل حية– تكون عادة عالية التكاليف بغرض تربيتها بصورة تجارية ناجحة كمبيدات حيوية للحشائش.

٣– الأسماك آكلة الحشائش Herbivorous fish

سجلت أنواع عديدة من الأسماك كعناصر بيولوجية أستوردت بغرض المكافحة البيولوجية للحشائش. وبعكس مفصليات الأرجل التى تختار غالباً على أساس مداها العائلى الضيق، فإن الأسماك كعناصر بيولوجية للمكافحة غالباً ما تكون آكلات عشب غير متخصصة تستعمل لخفض تعدادات مجتمع النباتات المائيةaquatic macrophytes بأكمله، ولذلك فإن إختبارات المدى العوائلى تلعب دوراً ضئيلاً فى إختيار مثل تلك العناصر.

وربما يكون السؤال الجوهرى الذى يتعلق ببيولوجيا الأسماك فى إنتقاء وتداول الأنواع منها للمكافحة البيولوجية للحشائش هو قدرتها أو عدم قدرتها فى إستقرار establish تعدادات ذريتها فى المساحات التى تطلق فيها. فلو أسئ إدارة ذلك، فإن السمكة العاشبة التى تخفض من تعدادات النباتات الخضراء لها القدرة على التأثير بشدة على النظم المائية بوسائل مختلفة متضمناً ذلك زيادة عكارة الماء وزيادة نمو الطحالب وشدة التنافس مع الأنواع الأخرى من الأسماك وغيرها من الكائنات الحية. لو كان النوع المستعمل نوعاً محلياً أو نوعاً مستقراً من قبل على نطاق واسع فسوف تكون هذه الإعتبارات فى حدها الأدنى ويمكن أن يكون إنتاجه مرغوب فيه، وخصوصاً إذا كان من الممكن أكله. لكن لو كان النوع المستعمل غير محلى وليس منتشراً على نطاق واسع، فقد يكون من غير المرغوب فيه أن يسمح بهروب نوع من الأسماك قادر على الإنتاج capable of breeding. غالباً ما تكون النظم المائية المقفلة مثل برك الرى وتنكات المياه هى المواقع

المرغوب مقاومة الحشائش فيها. لا يعتبر العزل الطبيعى physical isolation هو الطريقة التى يعول عليها فى ضبط حركة تعدادات الأسماك، إذ يمكن للأسماك أن تتحرك مع الفيضانات أو تنتقل عمداً بواسطة الإنسان لأماكن مائية أخرى. يمكن إستعمال الهجن العقيمة لمنع إستقرار تعدادات الذرية.

نقطة أخرى فى بيولوجيا الأسماك ذات أهمية فى إختيار نوع السمك وهو نظام رعاية الحضنة brood care وقدرة النوع على أن يعمل كمفترس لذرية الأنواع الأخرى. فعلى سبيل المثال، أستورد ثلاث أنواع من الأسماك لخفض تعدادات النباتات المائية وتم إطلاقها معاً فى القنوات المائية. إثنان من هذه الأنواع حلا محل النوع الثالث كلية وهو النوع *Tilapia zillii* وكان هذا الإحلال غير مرغوب فيه لأنه كان معروفاً بكل تأكيد أن هذا النوع الثالث سيعطى أفضل مقاومة. وقد كان هذا الإحلال كنتيجة لقدرة النوعين الأخرين على الإحتفاظ بصغارها فى الفم (وعندئذ تحميها)، بينما النوع الثالث *T. zillii* ليس له هذه الخاصية وبذا تعرضت صغاره للإفتراس من الأنواع الأخرى.

ثانياً: العاشبات والمرضات المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش

Herbivores and Pathogens Used for Biological Weed Control

تتم المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال وسيلتين: **أولهما** إستيراد الأعداء الطبيعية ضد الحشائش المحلية والدخيلة، **وثانيهما** إكثار الأعداء الطبيعية التى أطلقت أو استخدمت فى مواقع معينة وإستعمالها أينما تستوجب المكافحة. تضمنت عمليات الإستيراد فى معظمها الحشرات وقليل من مفصليات الأرجل الأخرى وبعض الأنواع من الممرضات الفطرية ونيماتودا واحدة فقط وهو النوع *Subanguina picridis*. أما عمليات مكافحة الحشائش بيولوجياً من خلال إكثار الأعداء الطبيعية فقد تضمنت فى معظمها مختلف الممرضات الفطرية، والعاشبات الفقارية عامة التغذية والأسماك. أستخدمت الأسماك فى خفض تجمعات الحشائش المائية فى قنوات الرى والتانكات والبرك والبحيرات.

هناك عوامل عديدة تؤثر على درجات النجاح التى تحققت من إستعمال أعداء طبيعية معينة. تتضمن هذه العوامل الخصائص البيولوجية للأعداء الطبيعية، وطبيعة الحشيشة المستهدفة التى سيستخدم معها هذه الكائنات.

تختلف المكافحة البيولوجية للنباتات عن المكافحة البيولوجية للافقاريات فى بعض النواحى الهامة، فالتطفل والإفتراس هما السبب المباشر لموت الأفراد التى تهاجم، وأن عمل الأعداء الطبيعية غالباً ما يعبر عنه بنسبة الموت التى حدثت للآفات اللافقارية. على العكس من ذلك، فإن المكافحة البيولوجية للحشائش يمكن أن تتم بعدد من الميكانيكيات التى يمكن أن تتضمن أو لا تتضمن سبب مباشر لموت الحشائش المستهدفة. فعلى سبيل المثال عديد من نباتات الحشائش المزهرة لها دورة حياة محدودة غالباً لمدة موسم واحد أو عام أو عامين. المكافحة البيولوجية لتعدادات مثل هذا النباتات يمكن أن تتم لو تعرضت النباتات لهجوم مكثف من العاشب الحشرى يحد من قدرتها على الإنتاج تحت المستوى الذى يسمح بإعادة إحلال هذا التعداد. وفى هذا الخصوص يمكن أن تتم المكافحة البيولوجية بنجاح عن طريق إستخدام متغذيات للمجموع الخضرى يترتب عليه الإقلال من الكتلة الحيوية الإنتاجية للنبات reproductive plant biomass وعندئذ تجعل النبات غير قادر على الإزهار أو الإنتاج، أو عن طريق إستخدام متغذيات أزهار التى تهلك الأزهار قبل أن يتم تكوين البذور، أو عن طريق إستخدام متغذيات بذور التى تهلك البذور نفسها. تتطلب النباتات الأخرى، مثل تلك التى تتكاثر خضرياً، بالضرورة أعداء طبيعية تسبب ضرراً كافياً ينتج عنه موت للنبات. تتطلب مكافحة النباتات الخشبية وقتاً أطول للمكافحة مقارنة بالأنواع العشبية بسبب طول عمر مثل تلك النباتات، لكن فى حالات كثيرة مع التكرار المكثف لهجوم العاشب الحيوى للأنواع الخشبية يمكن أن يؤدى إلى الموت الدائم للنبات.

هناك ميكانيكيات مختلفة يمكن بواسطتها أن تؤثر العناصر البيولوجية بنجاح على النباتات المستهدفة. تتضمن هذه التأثيرات التغذية المباشرة على المجموع الخضرى، وتكوين أورام فى أنسجة النبات، وإحداث أمراض لأنسجة النبات. غالباً ما تستورد الحشرات العاشبة، عند إستعمالها فى مجال المكافحة البيولوجية، إلى مناطق يكون فيها تعداد الأعداء الطبيعية لتلك الحشرات أقل من تلك فى مواقعها الأصلية. وبذا تتحرر هذه الحشرات العاشبة من مهاجمة الأعداء الطبيعية لها إلى الحد الذى يسمح لها بخفض تعدادات الحشيشة المستهدفة.

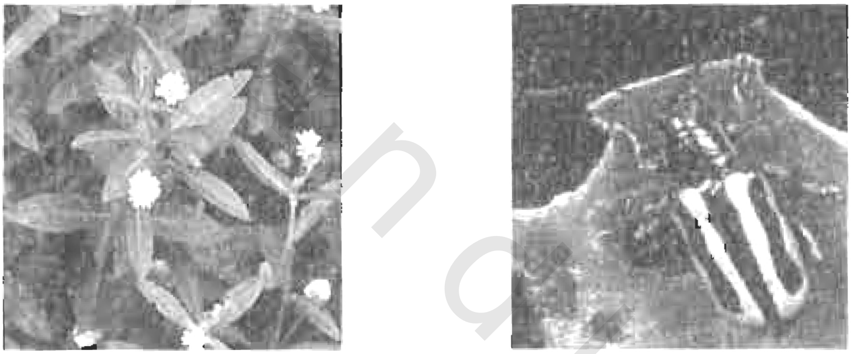
١- الحشرات Insects

منذ إستيراد ثمانية أنواع من الحشرات إلى جزر هاواى فى المكسيك عام ١٩٠٢ لمكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* والحشرات تعتبر العنصر الأساسى المستخدم فى مجال المكافحة البيولولجية للحشائش. أستخدمت أنواع عديدة من الحشرات فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش منها:

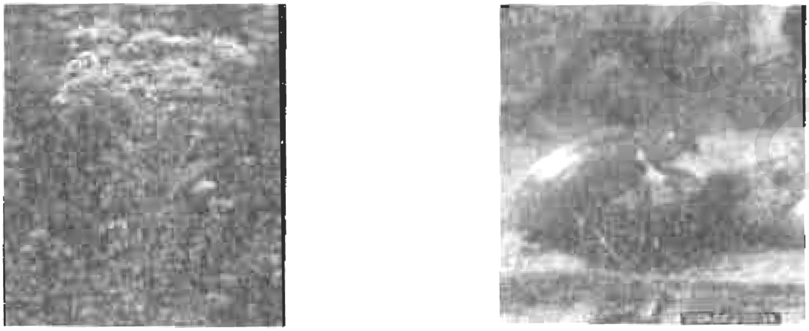
الحشرات غمدية الأجنحة Coleoptera

أ- عائلة Chrysomelidae

تتغذى كوامل أعضاء هذة العائلة على المجموع الخضرى والأزهار، أما يرقاتها، التى تتغذى على المجموع الخضرى، فهى صانعات أنفاق leaf miners أو حفارات سوق أو جذور. تدخل معظم أنواعها فى بيات شتوى كحشرات بالغة، والعديد منها ذات ألوان زاهية. من أمثلة هذ العائلة النوع *Agasicles hygrophila* الذى أستخدم بنجاح فى أستراليا وغيرها من المناطق فى مكافحة الحشيشة المائية *Alternanthera philoxeroides* شكل (٢:٧). تتغذى يرقات وكوامل هذه الحشرة على المجموع الخضرى للحشيشة ولها ٥ أجيال فى السنة. تضع الأنثى حوالى ١١٠٠ بيضة فى المتوسط خلال فترة حياتها التى تصل إلى ٧ أسابيع. كما تكافح الحشيشة الأرضية*Senecio jacobaea* بحشرة تابعة لهذه العائلة هى حشرة *Longitarsus jacobaeae* شكل (٣:٧).

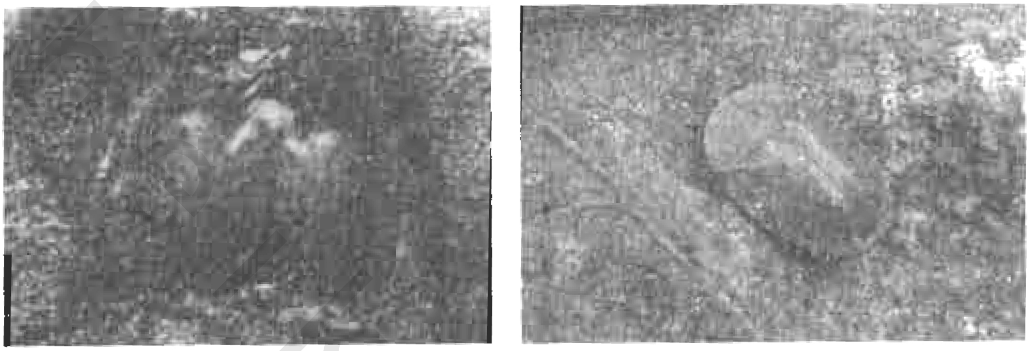


شكل ٢:٧) يوضح شكل خنفساء *Agasicles hygrophila* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشيشة المائية *Alternanthera philoxeroides* (يسار).



شكل (٣:٧) يوضح شكل خنفساء *Longitarsus jacobaeae* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لحشيشة *Senecio jacobaea* (يسار)

وفى مصر، يمثل هذه العائلة حشرة الخنفساء السلحفائية *Cassida sanguinolenta* (شكل ٤) التى تهاجم يرقاتها (٥ أعمار) أوراق حشيشة العليق *Canvolvulus arvensis* خلال شهرى أغسطس وسبتمبر. يلصق البيض على الأسطح السفلية للأوراق (شكل ٧:٤) وخاصة تلك التي تتواجد عند المنطقة السفلية للنبات.



شكل (٧:٤) خنفساء *Cassida sanguinolenta* (يمين) وكتلة بيض تلك الخنفساء (يسار) (شلبى، ١٩٧٤)

ب- عائلة Curculionidae

أفراد هذه العائلة تقريباً متغذيات نباتية. تتغذى اليرقات إما خارجياً على المجموع الخضرى أو داخلياً فى الثمار والسوق. تتميز كوامل أفراد هذه العائلة ببوز طويل snout به تصنع ثقوباً فى أنسجة النبات بما فى ذلك ثمار الفاكهة وجوز الهند. من أمثلة هذه العائلة، إستخدام السوسة *Rhinocyllus conicus* المتغذية على بذور حشيشة الشوك *Caardus nutans* (شكل ٧:٥) فى كندا، وكذا السوسة *Trichosirocalus horridus* المتغذية على النورات الزهرية لهذه الحشيشة. و أيضاً الحشرة *Neohydronomus affinis* فى مكافحة حشيشة خس الماء *Pistia stratiotes* فى مناطق كثيرة من العالم.

شكل (٧:٥) شكل سوسة *Rhinocyltus conicus* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لحشيشة الشوك *Caardus nutans* (يسار)

وفى مصر يمثل هذه العائلة حشرة حفار سوق عرف الديك *Hypolixus nubilosus* (شكل ٦:٧ ا) التى تهاجم حشيشة عرف الديك. يبدأ الضرر بهذه الحشرة مع عملية وضع البيض وتزداد حدة الضرر مع نمو طورها اليرقي. يوضع البيض فردياً داخل نقر تصنعها الإناث بأجزاء فمها، ثم تقوم بتغطية هذه النقر بغطاء مستدير الشكل أسود اللون تفرزه من غددها الزائدة. تحفر اليرقات بعد فقسها مباشرة داخل ساق النبات حيث تتغذى على كل محتوياته الداخلية وبالتالى يزداد الضرر الناتج من الإصابة كلما تقدم عمر اليرقة. تصاب جميع النباتات فى الفترة من أغسطس إلى منتصف أكتوبر. تقضى الحشرة بياتاً شتوياً إما فى طور اليرقة البالغة داخل النفق الذى إمتد إلى الأجزاء السفلية من سوق النبات أو داخل الجذر، أو فى طور الحشرة الكاملة. لليرقة خمسة أعمار.

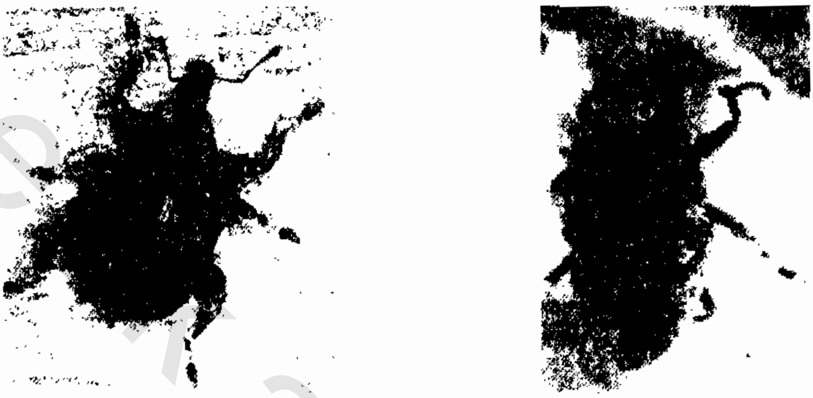
ومن هذه العائلة أيضاً فى مصر حشرة صانعة أورام الرجلة *Baris arctithorax* التى تهاجم نباتات الرجلة (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦ ب). يوضع البيض فردياً داخل تجاويف تصنعها الحشرة الكاملة بأجزاء فمها في سوق الحشيشة. تنمو أنسجة النبات فى أماكن وضع البيض نمواً غير طبيعى على هيئة أورام تأوى بداخلها طورى البيضة واليرقة. قد يصل عدد الأورام إلى ٣٧ ورماً على النبات الواحد في فترة ذروة نشاط هذه الحشرة (منتصف أغسطس). بعد الفقس، تحفر اليرقة لنفسها نفقاً دقيقاً في أنسجة الورم يزداد سعته مع تقدم عمر اليرقة ويحوي بداخله، خصوصاً في الأعمار الكبيرة (الرابع والخامس) كماً كبيراً من البراز يسهم في نمو الفطريات التي تعمل على زيادة الضرر للنبات. في حالات عديدة يحفر العمر اليرقي الأخير (الخامس) نفقاً في إتجاه جذر النبات وبذا يتغير سلوكه من صانع أورام إلى حفار للساق مما يزيد من الضرر الناتج، إذ تصبح الساق مفرغة سهلة الكسر. عندما تصل اليرقة إلى تمام نموها تحفر لنفسها ثقباً لتخرج منه للتعذير في التربة. يشكل هذا الثقب أيضاً مدخلاً لعديد من الكائنات الحية التي تعمل على زيادة الضرر. هذا بالإضافة إلى الضرر الناشئ من الحشرة الكاملة التي تتغذى على كلا سطحي ورقة النبات تاركة طبقات رقيقة جداً من أنسجتها.

ويتبع هذه العائلة أيضاً فى مصر ناخرة أوراق الرجلة *Hypurus bertrandi* (شكل ٦:٧ ب) التى تصيب أوراق الرجلة (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦ ج). تصنع اليرقات أنفاقاً فى أوراق الحشيشة من النموذج الثعباني serpentine خلال العمرين الأولين، ثم من النموذج التبقعى bloch خلال العمر اليرقى الثالث حيث يصل الضرر أقصاه عندما تصبح اليرقة فى عمرها الأخير (الثالث). يزداد الضرر عندما تهاجم الحشرة الكاملة أيضاً الأوراق لتتغذى عليها.

ويتبع هذه العائلة فى مصر أيضاً حشرة *Larinus cynarae* (شكل ٦:٧ جـ) وهى تصيب حشيشة *Silybum marianum*. تتغذى الحشرات الكاملة من الذكور والإناث على أوراق هذه الحشيشة. يوضع البيض فردياً أو فى مجموعات صغيرة من بيضتين على قاعدة الحافة الداخلية للأوراق الإبرية والتى تحيط بروؤس الحشيشة. تحفر اليرقات داخل الرؤوس متغذية على البذور. تكون فترات نشاط هذه الحشرة خلال الفترة من مارس إلى مايو. تدخل الحشرة بياتاً صيفياً فى طور الحشرة الكاملة داخل رؤوس الحشيشة أو فى بقايا الحشائش المتواجدة فى التربة. تتواجد هذه الحشيشة أيضاً فى سوريا ولبنان.

يتبع هذه العائلة أيضاً سوستى *Neochetina eichhorniae* ، *N. bruchi* (شكل ٦:٧ د) وهما حشرتين تم إستيرادهما من فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية خلال عام ١٩٧٩ من خلال مشروع بحثى مصرى- فرنسى (قسم بحوث المكافحة البيولوجية بوزارة الزراعة) لمكافحة حشيشة ورد النيل (هايسنت الماء) *Eichhornia crassipes*، وهما حشرتين شديدتي التخصص على نباتات فصيلة Pontederiaceae التي لا يمثلها في مصر إلا نبات ورد النيل، وبالتالي لا تهاجم تلك الحشرات أى من المحاصيل الأخرى كالأرز أو البردي وهي نباتات ذات أهمية إقتصادية في مصر والتي تنمو في بيئة مائية. يوضع البيض في أنسجة الأوراق أو أعناقها المنتفخة الإسفنجية ويفقس إلى يرقات تتغذى داخلياً على محتويات النبات متجهة إلى منطقة تكاثر النبات فتدمرها. يوجد ٤ أعمار يرقية لكل من هاتين الحشرتين، وتصنع اليرقة كاملة النمو شرنقة من الشعيرات الجذرية للنبات تعذر بداخلها ملتصقة بجذور النباتات العائمة تحت سطح الماء. لكل منها أيضاً من ٣-٤ أجيال في السنة، وتمضي الحشرة ببياتها الشتوي في صورة عذراء أو حشرة كاملة. حقق أسلوب المكافحة نجاحاً فى بحيرات إدكو ومريوط والمنزلة حيث تجرى التجارب. إنخفضت تكلفة المكافحة بنسبة كبيرة جداً حيث مثلت المكافحة البيولوجية نصف تكاليف المكافحة بإستخدام الطرق التقليدية والتى كانت متبعة حتى عام ١٩٩٠.

(أ) *Hypolixus nubilosus* (ب) *Hypurus bertrandi*



(جـ) *Larinus cynarae* (د) *Neochetina bruchi*

شكل (٦:٧) بعض نماذج الحشرات التابعة لعائلة السوس Curculionidae التى تهاجم الحشائش فى مصر

جـ- عائلتى Buprestidae و Cerambycidae

تحفر يرقات هاتين العائلتين في سوق النباتات الخشبية، أما كواملها فغالباً ما تتغذى على الأزهار. عادة ما يكون لكوامل عائلة Cerambycidae قرون إستشعار طويلة وعيون غائرة وألوان زاهية. أما كوامل عائلة Buprestidae فهى ذات قرون إستشعار قصيرة ومعظم أنواعها ذات الوان معدنية زرقاء أو سوداء أو خضراء أو نحاسية. ومن أمثلة هذه العائلة إستخدام نوعين من الحشرات المتغذية على بذور البقونيات بنجاح فى مكافحة الحشيشة *Prosopis* sp. وهو نبات ذو صفات خاصة مرغوبة لكنه توغل وأصبح يشكل آفة نباتية لها خطورتها.

د- عائلة Bruchidae

تنمو يرقات هذه العائلة داخل الحبوب وبصفة خاصة البقولية منها.

هـ- عائلة Apionidae

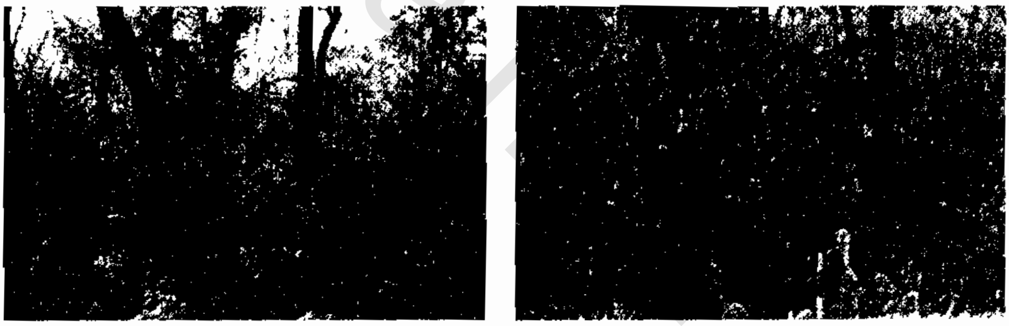
تحفر يرقات هذه العائلة فى الحبوب والسوق وغيرها من أجزاء النبات. تهاجم عديد من أنواع هذه العائلة النباتات البقولية.

٢- الحشرات حرشفية الأجنحة Lepidoptera

أ- عائلة Pyralidae

تعتبر هذه العائلة أكبر ثالث عائلة بين حشرات رتبة حرشفية الأجنحة. الحشرات الكاملة صغيرة الحجم، ورهيفة، وذات خرطوم حرشفى. تتفاوت عادات تغذية اليرقات، فقد تكون الأنواع متغذيات ورقية أو حفارات أو متغذيات على المنتجات المخزونة بما فيها شمع النحل. تعتبر فراشة *Cactoblastes cactorum* واحدة من أشهر أعضاء هذه العائلة التى أستخدمت بنجاح فى مكافحة نباتات التين الشوكى فى أستراليا (شكل ٧:٧). حيث أدى إطلاق تلك الفراشات فى المنتزهات parks التى ينتشر بها نباتات التين الشوكى إلى القضاء على معظم نباتات التين الشوكى والحد من تعداداتها داخل تلك المناطق.

وفى مصر يمثل هذه العائلة الفراشة *Antierecta (= Ercta) ornatalis* التى تهاجم يرقاتها بشدة أوراق العليق، وليرقاتها خمسة أعمار يرقية.



شكل (٧:٧) يوضح تأثير إطلاق فراشة *Cactoblastes cactorum* لمكافحة التين الشوكى فى أحد المنتزهات فى أستراليا. شكل المنتزه قبل الإطلاق (يمين)، شكل المنتزه بعد الإطلاق (يسار).

ب- عائلة Noctuidae

تعتبر هذه العائلة هى أكبر عائلات رتبة حرشفية الأجنحة. كواملها فراشات ليلية ذات وزن ثقيل. اليرقات ذات ألوان ليست زاهية وأجسام ناعمة. يتغذى معظمها على المجموع الخضرى، لكن البعض منها حفارات للسوق أو قد يتغذى على الثمار.

ج- عائلة Gelechiidae

حشرات صغيرة رهيفة، قمة جناحها الخلفى مدببة ومنحنية قليلا. تتفاوت عادات تغذية اليرقات، فالبعض منها متغذيات أوراق التى تربط أو تلف الأوراق، والبعض الآخر ناخرات أوراق أو صانعات أورام.

د- عائلة Tortricidae

الحشرات الكاملة فراشات صغيرة الحجم، تتميز أجنحتها بوجود شرائط أو تكون منقطة mottled. اليرقات متغذيات ورقية غالباً على النباتات الحولية. يمكن أن تربط أو تلف الأوراق وغالباً ما تحفر فى أجزاء النبات. من أمثلة الحشرات التى تتبع هذه العائلة فراشة *Cochylis atricapitana* التى تصيب حشيشة *Senecio jacobaea*. تبدأ اليرقات التغذية على الزهور ثم تنهى نموها داخل السوق (شكل ٨:٧).

شكل (٨:٧) ساق حشيشة *Senecio jacobaea* متواجد بداخلها يرقات فراشة *Cochylis atricapitana*.

هـ- عائلة Arctiidae

حشرات ذات أحجام متوسطة، يتبعها أربع تحت عائلات محدودة هى Lithosiinae، Ctenuchinae Pericopinae و Arctiinae. تشكل تحت عائلة الفراشات النمر Arctiinae معظم أنواع هذه العائلة، وهى غالباً فرشات ذات ألوان زاهية. اليرقات غالباً مغطاة بشعيرات كثيفة وطويلة وذات ألوان. ومن أمثلة حشرات هذه العائلة الحشرة *Tyria jacobaea* التى إستطاعت مع الخنفساء *Longitarsus jacobaeae* (Chrysomelidae) من مكافحة الحشيشة *Seniso gacobaea* بنجاح.

و- عائلة Gracillariidae

أعضاء هذه العائلة فراشات دقيقة بأجنحة رمحية. يرقاتها صانعات أنفاق leaf-miners من النوع التبقعى bloch. يمكن أن يحدث أكثر من نفق فى الورقة الواحدة. يحدث التعذير غالباً داخل النفق أو على سطح الورقة ذات الأنفاق.

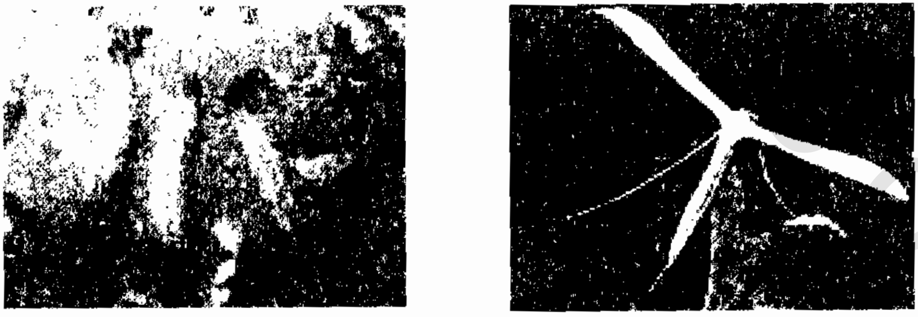
ز- عائلة Lyonetiidae

ويمثلها فى مصر ناخرة أوراق العليق *Bedellia sommulentella* (شكل ٧: ٩) التى تفتك يرقاتها أوراق حشيشة العليق. تصنع اليرقات خلال عمريها الأول والثانى أنفاقاً فى الأوراق من النوع الثعبانى، بينما يصبح النفق من النوع التبقعى خلال الأعمار اليرقية الثلاث المتبقية (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦).

شكل (٧: ٩) فراشة *Bedellia sommulentella* (يمين) وأعراض الإصابة باليرقات على حشيشة العليق (يسار)

ح- عائلة Pterophoridae

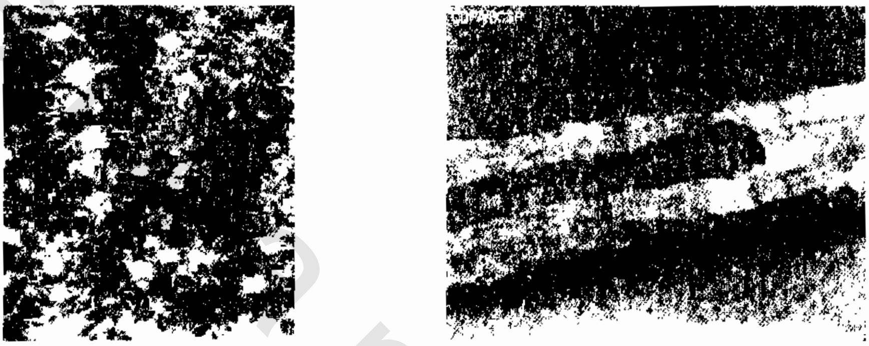
ويمثل هذه العائلة فى مصر الفراشة *Emmelina mondactyla* (شكل ٧: ١٠). تتغذى يرقات هذه الفراشة على أوراق حشيشة العليق. يحدث معظم الضرر من العمرين اليرقيين الأولين اللذان يعيشان داخل القمة النامية للنبات حيث يتغذيان ويتلفان هذه المنطقة



شكل (٧: ١٠) فراشة *Emmelina mondactyla* (يمين) واليرقات أثناء التغذية على حشيشة العليق (يسار)

ط- عائلة Coleophoridae

ويمثل هذه العائلة فى مصر حشرة *Coleophora parthenica* (شكل ٧: ١١) وهى حشرة متخصصة على حشيشة السالسولا *Salsola kali* وهى العائل الوحيد لها ولا تصيب أى من النباتات الزراعية الأخرى. تدخل اليرقات التامة النمو فى بيات شتوى إعتباراً من أوائل سبتمبر وتبقى فى هذا الطور الساكن حتى تبدأ فى التعذير فى النصف الثانى من شهر مارس أو أوائل إبريل. تمضى هذه اليرقات سكونها فى السوق الجافة للحشيشة التى تبقى فى الطبيعة حتى الموسم التالى. تصاب النباتات الجديدة بفراشات الجيل الأول التى تبدأ فى الخروج فى أوائل شهر إبريل. تحفر يرقات هذه الحشرة داخل أنسجة الحشيشة. تتواجد هذه الحشرة أيضاً فى سوريا ولبنان. هذا وقد أرسلت شحنات من هذه الحشرة إلى كاليفورنيا عام ١٩٧١ لمكافحة هذه الحشيشة فى المراعى (حافظ وآخرون ١٩٧٨).



شكل (٧: ١١) يرقة *Coleophora parthenica* (يمين) أثناء التغذية داخل حشيشة السالسولا (يسار)

٣- الحشرات متشابهة Homoptera ونصفية الأجنحة Hemiptera

أ- عائلة Dactylopiidae

لهذه الحشرات أهمية خاصة كمصدر للصبغات. تتشابه مع حشرات البق الدقيقى من عائلة Pseudococcidae فى مظهرها وعاداتها. تتغذى هذه الحشرات على نباتات الصبار. وبالرغم من أن أعداد هذه العائلة قليل، إلا أنها تلعب دوراً هاماً وناجحاً فى المكافحة البيولوجية لعديد من أنواع الصبارات.

ب- عائلة Tingidae

حشرات صغيرة، أقل من ٥ مم طولاً. حورياتها ذات أجسام مزودة بأشواك. تتغذى الحوريات والحشرات الكاملة معاً على نفس العائل النباتى بإمتصاص عصارة النبات من الأوراق

والأنسجة الأخرى فتكسبه اللون البرونزى. يمكن أن يموت النبات عندما تتزايد كثافة تعداد البقة. قد تكون بعض الأنواع من أفراد تلك العائلة متخصصة إلى درجة ما فى إختيار عوائلها النباتية، والتى غالباً ما تكون إما عشبية أو خشبية. يلعب النوع *Teleonemia scrupulosa* دوراً هاماً فى مكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* (شكل ١٢:٧).

شكل (١٢:٧) حشرة *Teleonemia scrupulosa* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لنبات عنب الديب (يسار)

جـ- عائلة Coreidae

معظم أفراد هذه العائلة نباتى التغذية، البعض منها يتغذى على البذور والآخر على الأوراق الخضراء. للبعض منها سيقان أو أفخاذ خلفية متضخمة، وعديد منها ينتج روائح مميزة.

٤- الحشرات ذات الجناحين Diptera

أ- عائلة Cecidomyiidae

حشرات صغيرة الحجم (عادة أقل من ٥ مم طولاً)، ورهيفة، وذات أرجل وقرون إستشعار طويلة. يشكل حوالى ثلثى تعداد هذه العائلة أوراماً، أما معظم الأنواع الباقية فتتغذى على الخضر المتحللة. القليل منها مفترس. تتكون الأورام على كل أجزاء النبات، بما فيها الأوراق والأزهار والأفرع. يقل تأثير عديد من أنواع هذه العائلة بسبب الطفيليات المحلية.

ب- عائلة Tephritidae

حشرات صغيرة الحجم أو متوسطة، لمعظمها أجنحة مخططة. تتغذى اليرقات داخل أنسجة النبات صانعة أنفاقاً فى الرؤوس الثمرية، أو أوراماً، أو متغذية على الثمار.

ج- عائلة Anthomyiidae

ذباب صغير الحجم، وداكن اللون. تتغذى يرقات معظم هذه العائلة فى التربة على جذور النباتات. يمثل هذه العائلة فى مصر ذبابة البنجر *Pegomyia mixta* التى تهاجم يرقاتها أوراق حشيشة الزربيح والسلق. تصنع اليرقة أنفاقاً فى أوراق العائل من النوع الخيطى خلال اليوم الأول من عمرها، ثم يتحول فى اليوم التالى مباشرة بواسطة اليرقة ذاتها إلى النموذج التبقعى. يتضاعف الضرر عندما تصل اليرقة إلى عمرها الثالث ويكون لها القدرة على مغادرة الورقة المصابة وإصابة أخرى سليمة.

د- عائلة Agromyzidae

ذباب صغير الحجم، أجسامها ذات لون أصفر أو أسود. معظم يرقاتها صانعات أنفاق، ومعظمها من النوع الثعبانى الشكل serpentine، لكن البعض منها يصنع أنفاقاً مختلفة الشكل. تهاجم أنواع تلك العائلة مدى واسع من النباتات وتتواجد فى معظم البيئات.

ويمثل هذه العائلة فى مصر ناخرة سوق العليق *Melanagromyza albocilia* التى تصيب حشيشة العليق. تحدث يرقات هذا النوع من الذباب أنفاقاً فى سوق حشيشة العليق مما يضر بهذا النبات.

ويمثل هذه العائلة أيضاً فى مصر ذبابة الهالوك *Phytomyza orobanchia* التى تصيب ثمار حشيشة الهالوك المعروفة بتطفلها الكامل على عديد من محاصيل الحقل ونباتات الزينة خلال الفترة من مارس إلى مايو وتبلغ ذروة الإصابة باليرقات فى أواخر شهر إبريل حيث تصبح جميع النباتات مصابة. تمر اليرقة بثلاثة أعمار يرقية، ويحدث معظم الضرر من العمرين الأخيرين حيث تلتهم اليرقات كميات كبيرة من البذور غير تامة النضج (شكل ١٣:٧)، كما تفرز كميات هائلة من البراز داخل الثمرة مما يسبب إنكماشها وتعطنها (شكل ١٣:٧). قد تغادر اليرقات الثمرة لتحفر نفقاً بداخل السوق فى إتجاه الجذور. يتراوح عدد اليرقات داخل الثمرة الواحدة من ١ – ٧ يرقات. تقضى الحشرة طوراً من السكون بعد إنتهاء فترة نمو الهالوك على هيئة عذراء عادة ما تتواجد فى بقايا النباتات تحت سطح التربة.

شكل (١٣:٧) يرقة تامة النمو تتغذى على بذور ثمرة الهالوك (يمين) ، ثمار هالوك سليمة وأخرى مصابة (يسار) (شلبى ، ١٩٧٤).

هـ - عائلة Trypetidae

يمثل هذه العائلة فى مصر حشرتى *Chaetorellia succinea*، *Urophora macrura* وهما حشرتان متخصصتان على حشيشة *Centaurea calcitrapa* دون أن تؤثر على بقية المحاصيل الأخرى ذات الأهمية الإقتصادية. تضع الحشرات بيضها على وريقات رؤوس الحشيشة وتحفر اليرقات الحديثة طريقها داخل الرؤوس حيث تصيب البذور. تتواجد هذه الحشرة أيضاً فى سوريا ولبنان.

٥- حشرات رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera

أ- عائلة Phlaeothripidae

حشرات داكنة اللون غالباً، ذات أجنحة فاتحة أو منقطة. البعض منها مفترسات والبعض الأخر يتغذى على الجراثيم، والبعض الثالث على النباتات. من بين ثلاثة أنواع أستخدموا فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، نجح واحد فقط هو التربس *Liothrips urichi* فى خفض تعداد الحشيشة *Clidemia hirta* فى فيجى.

opeikandi.com

٦- حشرات رتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera

أ- عائلة Tenthredinidae

هى أكثر المجاميع شيوعاً بين الدبابير المنشارية. معظم الأنواع صغيرة الحجم إلى متوسطة (نادراً ما تكون أكبر من ٢٠ مم طولاً). تشبه اليرقات تلك الخاصة بحرشفيات الأجنحة وهى متغذيات خارجية على المجموع الخضرى. لها جيل واحد فى السنة. تمضى الحشرات فترة الشتاء فى صورة عذراء داخل شرنقة أو خلية فى التربة أو فى بؤر أخرى محمية. تتغذى معظم الأنواع على الشجيرات الخشبية أو الأشجار والقليل منها صانعات أورام أو أنفاق. لا يذكر أن أحد أنواع هذه العائلة نجح كعنصر حيوى فى مكافحة الحشائش بيولوجياً.

ب- عائلة Eurytomidae

دبابير دقيقة الحجم معدنية اللون. تتفاوت فى بيولوجياتها، فالبعض منها طفيليات ولكن البعض الآخر يتغذى فى البذور أو قد يكون صانع أورام.

ج- عائلة Pteromalidae

تتضمن هذه العائلة مجموعة متباينة من غشائيات الأجنحة، البعض منها صانعات أورام. نوع واحد من هذه العائلة هو النوع *Trichilogaster acaciae longifoliae* له أهمية فى المكافحة البيولوجية لحشيشة*Acacia longifolia* فى جنوب أفريقيا. لهذه الحشرة جيل واحد فى السنة وتضع الإناث بيضها على البراعم الزهرية للنبات المستهدف. يمكن أن يحدث هجوم مكثف من هذه الحشرة للعائل النباتى المستهدف وعند مهاجمة البراعم الزهرية لا تنتج نورات inflorescences أو بذور، وقد أدى الهجوم إلى موت ٣٠ % من الأشجار الكبيرة فى بعض المواقع، مما يعطى إنطباعا على أنه عنصر حيوى واعد فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش.

٢- الأكاروسات Acarina

أجريت قليل من الأبحاث على إستخدام الأكاروسات فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، إلا أنه فى السنوات الأخيرة زاد الإهتمام بهذا الإتجاه بسبب تأثيراتها على نمو النباتات وإنتاجياتها. سجلت أولى المحاولات لمكافحة الحشائش بيولوجياً بواسطة الأكاروسات عام ١٩٣٢ ومنذ ذلك التاريخ أستخدم أنواع مختلفة بدرجات متفاوتة من النجاح. وقد إستقر حالياً هذا التكنيك كأداة للمكافحة البيولوجية للحشائش. وهناك من الصفات الواجب توافرها فى نوع الأكاروس النموذجى لمكافحة الحشائش منها:

١- أن يكون ذا مدى عوائلى ضيق للغاية ويفضل أن يكون وحيد العائل.

٢- يسهل تربيته تربية كمية تحت الظروف المعملية ويسهل إطلاقه.

٣- ذو كفاءة عالية فى محصلة المعدل السنوى للتزايد (يدخل فى الإعتبار الكفاءة التناسلية وعدد الأجيال وضغط التطفل والإفتراس). من المعروف عن الأكاروسات أنها تتكاثر عدة مرات خلال السنة.

٤- القدرة على أن يوقع ضرراً معنوياً للنبات العائل (يدخل فى الإعتبار الضرر المباشر وغير المباشر) وبذا تتمكن معه النباتات المرغوبة من أن تدخل فى منافسة يترتب عليها إبادة الحشيشة.

٥- أن يكون مناسباً للإطلاق الكمى الفيضى (الغزير) inundative release.

٦- يجب أن يكون الوضع التقسيمى للنوع المستعمل محدد ومعروف حتى يتأكد من إستعمال النوع الصحيح فى برامج المكافحة.

٧- يجب أن يتم تقويم عنصر المكافحة البيولوجية من الأكاروسات تحت الظروف المعملية لتحديد فعاليته بالنسبة للنبات (على سبيل المثال يقلل النمو، بسبب فقد للبذرة، إحداث تساقط للأوراق، وهكذا). ومن العائلات المستخدمة فى هذا المجال ما يلى:

أ- عائلة Eriophyidae

أكاروسات صغيرة الحجم جداً (حوالى ٠,١٥ مم طولاً). تتغذى على أنسجة النبات. تسبب بعض الأنواع أوراماً، والبعض الآخر يتغذى خارجياً على أنسجة النبات وبذا تفقد أجزاء النبات المختلفة لونها الطبيعى. وبالرغم من أن هذه الأكاروسات تعمل ببطء لكنها غالباً ما تؤثر بدرجة كبيرة على العوائل التى تتغذى عليها. ومن النماذج الناجحة إستخدام الأكاروس *Eriophyes chondrillae* الذى يهاجم الحشيشة *Chondrilla juncea* فى أستراليا.

ب- عائلة Tetranychidae

أكاروسات أكبر حجماً من أكاروسات عائلة Eriophyidae. تتغذى على المجموع الخضرى للنبات لكنها لا تسبب أوراماً. ينتج عن عديد من أفرادها ذبول للنبات المتغذى عليه. النوع الوحيد من الحشائش الذى من أجله أستورد الأكاروس *Tetranychus lintearius* هو الحشيشة *Ulex europaeus* فى نيوزيلاندا. كذلك أستورد عرضياً الأكاروس *T. desortorum* (*T. opuntiae*) إلى أستراليا من تكساس عام ١٩٢٢- ١٩٢٣ مع حشرات نبات التين الشوكى وقد برهن على نجاحه

كعنصر لمكافحة التين الشوكى فى أستراليا قبل النجاح العام الذى أظهرته الفراشة *Cactoblastes cactorum* والتى فاقت كل عناصر المكافحة الأخرى.

٣- الممرضات الفطرية Fungal pathogens

تقع الممرضات الفطرية ذات الأهمية فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش فى تحت المجاميع Basidiomycotina, Ascomycotina, Deuteromycotina.

أ- الفطريات الأسكية Ascomycotina

تمت محاولة إستخدام بعض أنواع الممرضات الفطرية التى تقع تحت جنسى *Fusarium*, *Colletotrichum* ضد الحشائش.

ب- الفطريات البازيدية Basidiomycotina

ينتمى إلى هذا تحت القسم ثلاث صفوف هى Holobasidiomycetes (المشروم والأنواع القريبة له)، Phragmobasidiomyctes، Teliomycetes (الصدأ rusts، والتفحمات smuts). غالباً ما تكون أنواع الصف الأول رمية ولذلك فمعظم أنواعها ليس له قيمة كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش، بالرغم من وجود بعض الشواذ. يتضمن الصف الثانى Phragmobasidiomyctes بعض الأنواع (مثل النوع .spp *Septobasidiales*) الممرضة للحشرات القشرية، لكن المجموعة ليس لها أهمية كممرضات للحشائش. يضم الصف الثالث Teliomycetes رتبتين كبيرتين هما الصدأ، التفحمات وكل منهما ذا أهمية فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال الإستيراد ضد الحشائش الدخيلة.

تعتبر رتبة الصدأ Uredinales ممرضات عالية التخصص بالنسبة للنباتات الوعائية vascular plants وهى طفيليات إجبارية obligate ولذلك لايمكن زراعتها على بيئات غذائية. الممرضات الصدأية متخصصة فى علاقاتها مع العائل ولذا فهى عناصر مستحبة للإستيراد لمكافحة الحشائش الدخيلة.

ومن أكثر الممرضات الصدأية شيوعاً الممرض *Puccinia chondrillina* فى مكافحة الحشيشة *Chondrilla juncea*. هذا وقد أستخدمت أنواع أخرى من نفس الجنس فى برامج الإكثار. أما التفحمات فهى كالصدأ ممرضات إجبارية للنباتات الوعائية. تصيب عديد من فطريات العفن النباتات العائلة جهازياً systemically ومثل هذه الإصابات تضعف النباتات وتؤثر على إنتاج البذور. الجراثيم سوداء اللون ومن السهل إنتشارها بواسطة الهواء. وكما هو الحال فى

الممرضات الصدأية، فإن ممرضات التفحمات تظهر مستويات عالية من التخصص العائلى، ولذا تعتبر عناصر جيدة للمكافحة البيولوجية للحشائش. ومن الأمثلة الناجحة مرض العفن الأبيض الذى بسببه النوع *Entyloma ageratinae* والذى أستورد إلى هاواى ونجح فى مكافحة عائله المستهدف *Ageratina riparia*.

جـ- الفطريات الناقصة Deutromycotina

لم يتم تصنيف هذه الفطريات بسبب عدم التعرف على أطوارها الجنسية sexual forms. وللتسهيل فقد أمكن تقسيمها إلى صفين وفقاً للصفات المورفولوجية، صف Hyphomycetes وصف Coelomycetes. معظم أنواع هذه المجاميع تنمو على بيئات صناعية. أستوردت بعض الأنواع إلى مواقع جديدة للمكافحة البيولوجية للحشائش كما فى أمراض الصدأ. فعلى سبيل المثال أستورد النوع *Colletotrichum gloesporioidest clidemiae* (*Coleomycetes*) (شكل ١٤:٧) إلى هاواى لمكافحة الحشيشة *Clidemia hirta*. بينما تتطلب معظم الأنواع ظروف بيئية معينة للإصابة، فإن البعض يتطلب ظروف خاصة جداً لإحداث الإصابة.

شكل (١٤:٧) الإصابة بالمسبب المرضى *Colletotrichum cf. capsici* والمستخدم كعنصر حيوى ضد الحشائش.

٤- النيماتودا Nematodes

يحدث عدد من نيماتودا النبات المتطفلة وبصفة خاصة فى عائلة Anguinidae أوراماً galls فى المجموع الخضرى. بعض أنواع هذه المجموعة مقاوم للجفاف، وهى صفة مشجعة لبقائها.

يمكن إستعمال عدد من أنواع هذه المجموعة في مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال برامج الإكثار. أستورد النوع *Subanguina picridis* لمكافحة الحشيشة الدخيلة *Centaurea affusa*.

٥- الفقاريات Vertebrates

تستعمل مجموعة من الحيوانات المستأنسة، مثل الغنم، والماعز، إلى درجة ما لمكافحة الحشائش الأرضية وهو أقرب ما يكون للمكافحة الميكانيكية طالما أن كثافات وسلوك الحيوانات يحكمه ويسطر عليه الإنسان. كذلك تم إستعمال الأسماك لمكافحة الحشائش المائية وقد تم إستيراد عدد من هذه الأنواع لهذا الغرض تقع في ثلاث عائلات هي Cyprinidae، Cichlidae، Osphronemidae. كل هذه الأنواع عاشبات عامة تقلل من مجتمع النباتات المائية ولذلك يكون إستعمالها محدودا في الأماكن المحددة مثل البرك وقنوات الرى. لابد أن يتم إستيراد أى نوع بعناية كاملة واضعاً في الإعتبار إنتشارها لأماكن مائية أخرى. في بعض الحالات يستعمل الهجن العقيمة لتقليل مخاطر إستقرار تعدادات تلك الأنواع المستوردة. من المحتمل إستعمال بعض القواقع بنفس الأسلوب.

References المراجع

Antony, B., Palaniswami, M. S., Kirk, A. A. and Henneberry, T. J. (2004). Development of *Encarsia bimaculata* (Heraty and Polaszek) (Hymenoptera: Aphelinidae) in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) nymphs Biological Control, 30: 546-555.

Attia, Angel, R. (2003). Ecological and biological studies on the vine mealybug Planococcus ficus (Signoret) and its associated Parasitoids. Ph. D. Thesis, Fac. Agric. Cairo University.

Awadallah, K.T. (1964). Entomophagous insects of common flies in Egypt. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Awadallah, K.T. (1968). Studies on the aphidophagous syrphids commonly found in the U.A.R. Ph.D Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 a). Insect fauna of the bind-weed *Convlvulus arvensis* L.. Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 15-23.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 b). Notes on the life history of the curculionid, *Baris arctithorax* Pic. On the weed *Portlaca olerraceae* L. Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 35-43.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 c). The life history of *Hypurus bertrandi perris* . Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 45-52.

Awadallah,K. T., A.MEA. Aziz, Mona, H, Tawfik, Angel, R. A. (2004) On the biology of the encyrtid parasitoid, Neoplatycerus Palestinensis (Rivnay). Bull. Ent. Soc. Egypt, 81 : 141-152.

Bakke A, Kvamme T (1981) Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of*Ips typographus*. J Chem Ecol 7:305–312

Blackman, R.L. (1967). The effect of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. Annals of Applied Biology, 59, 207–19.

Blumberg, D. (1997). Parasitoid encapsulation as a defense mechanism in the Coccoidea (Homoptera) and its importance in biological control. Biological Control, 8: 225-236.

Blumberg, D., Klein, M. and Mendel, Z. (1995). Response by encapsulation of four mealybug species (Homoptera: Pseudococcidae) to parasitization by *Anagyrus pseudococci*. Phytoparasitica, 23, 157–63.

Brown, W.L., JR., EISNER, T., and Whittaker, R.H. (1970). Allomones and kairomones: Transpecific chemical messengers. BioScience 20:21-22.

Chan, M.S. and Godfray, H.C.J. (1993) Host-feeding strategies of parasitoid wasps. Evolutionary Ecology, 7, 593–604.

Clausen, C. P. (1976). Phoresy among entomophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 21, 343–368.

Clausen, C.P. (1940). Entomophagous Insects. McGraw- Hill Co., New York.

Clausen, C.P., Jaynes, H.A. and Gardner, T.R. (1933). Further investigations of the parasites of *Popillia japonica* in the Far East. United States Department of Agriculture Technical Bulletin, 366, 1–58.

DeBach, P. (1964). Biological Control of Insect Pests and Weeds Reinhold, New York.

Douglas, L. D. (1991). Teratocytes and host/parasitoid interactions. Biological control, 1: 118-126.

Doutt, R. L. (1958). The biology of parasitic Hymenoptera. Annual Review of Entomology, 3: 161-183.

Doutt, R. L. (1964). Biological characteristics of entomophagous adults. pp 145-167, In Biological Control of Insect Pests and Weeds (DeBach P., ed.). Reinhold, New York.

Dowell, R. (1978). Ovary structure and reproductive biologies of larval parasitoids of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). Canadian Entomologist, 110, 507–512.

Dyer, EDA (1973). Spruce beetle aggregated by the synthetic pheromone frontalin. Can J Forest Res 3:486–494

El-Basha, Nesrin. A. and Mandour, N. S. (2005). The predation of *Stethorus gilvifrons* (Muls.) (Coleoptera: Coccinellidae) on different egg densities of *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Agricultural Research Journal, Suez Canal University, .5: 109-114.

El-Housseini, M. M. (1969). Studies on the earwig *Labidura riparia* Pallas. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Fisher, R.A. (1930) The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford University Press, Oxford.

Fisher, R.A. and Ford, E.B. (1947) The spread of a gene in natural conditions in a colony of the moth *Panaxia dominulua* L.. Heredity, 1, 143–74.

Fisher, R.C. (1961) A study in insect multiparasitism. II. The mechanism and control of competition for the host. Journal of Experimental Biology, 38, 605–28.

Fisher, R.C. (1971). Aspects of the physiology of endoparasitic Hymenoptera. Biological Reviews, 46, 243–78.

Fitzgerald TD, Nagel WP (1972) Oviposition and larval bark surface orientation of *Medetera aldrichii* (Diptera: Dolichopodidae). Ann. Ent. Soc. Am. 63 (3):913–914

Fuhrer, E. (1968). Parasitaere Ueraendorungen am Wirt and ihre Oekologische Bedeutung Fued den Parasiten. Entomophaga 13: 241-250.

Fulton, P. P. (1933). Notes on *Habrocyrus cerealella*. Ann. Entomol. Soc. Am., 26: 536.

Godfray, H.C.J. (1994) Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton.

Griswood, G.H. (1922). On the bionomics of a primary parasite and of two hyperparasites of the germarium aphid. Ann. Entomol. Soc. Am., 22: 438-457.

Gurr, G., Wratter, S. and Barbosa, P. (2000). Success in conservation biological control of arthropods. In Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers.

Hafez, M. (1974). Studies on certain promising insects for the biological control of thistles, final reports (1971-1974).

Hafez, Mostafa, Y. H. Fayad, A. A. Sarhan (1978). Coleophora Parthenica Meyrick in Egypt, a potential agent for the biological control of the noxious thistle, Salsola Kali L.

Hagen, K. S. (1976). Role of nutrition in insect management. Paper presented at Tall Timbers 6th Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management. pp. 221-226.

Hagen, K. S. (1986). Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. *In*: Boethel, D. J. and Eikenbary, R. D., (Eds), Interaction of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects. John Wiley & Sons, New York, Pp 151-197.

Hagen, K. S., S. Bombosch and J. A. McMurtry (1976). The biology and impact of predators, pp. 93-142. In C. B. Huffaker and P. S. Messenger [eds.], Theory and practice of biological control. Academic Press, New York.

Hamilton, W.D. (1967). Extraordinary sex ratios. Science, 156, 477–88.

Hassell, M.P. and Varley, G.C. (1969) New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature, 223, 1113–37.

Heil, M. (2009). Damaged-self recognition in plant herbivore defence. Cell, (In press, 8 pages).

Heinerichs, E. A., Aquino, G. B., Chelliah, Valencia, S. L. and Reissig, W. H. (1982). Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stål)Populations as Influenced by Method and Timing of Insecticide Applications in Lowland Rice. Environmental Entomology, 11: 78-84.

Hellins, J. (1881). *Sericomyia* "singing: while at rest. Entomol. Month. Mag., 18: 190.

Hodson, W. E.H. (1932). The large narcissus fly *Merodon equestris* Fab. Bull. Entomol. Res., London, 23: 429-448.

Howard, L. O. (1927). Concerning phoresy in insects. *Entomol. News,* 38, 145–147.

Hunter, M. and Woolley, J. B. (2001). Evolutional and behavioral ecology of heteronomous aphelinid parasitoids. Annual Review of Entomology, 46: 251-290.

Ibrahim, A. M. A., K. T. Awadallah, M. D. Abdallah (1991) Influence of supplemental diets on the chrysupids on apple trees at Giza governorate Egypt. J. Biol. P. Control 1 (2) : 129-133.

Jervis, M. A., G. E. Heimpel, P. N. Fern, J. A. Harvey, and N. A. C. Kidd. (2001). Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. *Journal of Animal Ecology* 70: 442-458.

Jervis, M. and Kidd, N. (1996). Insect Natural Enemies. Chapman and Hall, London.

John J. B., and Darcy R. L. 1991. Ecdysteriods and insect host/parasitoid interactions. Biological Control, 1: 136-143.

Jones, D. A., Parsons, J., and Rothchild, M. (1962). Release of hydrocycanic acid from crushed tissues of all stages in the life cycle of species of *Zygaeninae* (Lepidoptera). *Nature* 193, 52–53.

Karlson, P. and Beitenadt, A. (1959). Pheromones (Ectohormones) in insects. Annu. Rev. Entomol., 4: 39-58.

Karlson, P. and Luscher, M. (1959). "Pheromones" a new term for a class of biologically active substances. Nature (London) 183:155-56.

Khan, Z. R., James, D., Midega, C.A.O and Pickett, J.A. (2008). Chemical ecology and conservation biological control. Biological Control, 45: 210-224.

Kline, L.N, Shmitz, R.F., rudinsky, J.A. and Furness, M.M. (1974). Repression of spruce beetle (Coleoptera) attraction by methylcyclohexenone in Idaho.*Can. Entomol.* 106:485–491

Laing, J. (1937). Host-finding by insect parasites. I. Observation on the finding of hosts by *Alysia manducator*, *Mormoniella vitripennis* and *Trichogramma evanescens*. J. Anim. Ecol. 6: 298-317.

Law, J.H. and Regnier, F.E. (1971). Pheromones. Annual review of Biochemistry, 40: 533-548.

Mandour, N.S. (1997). Biological and ecological studies on the polyembryonic parasitoid *Copidosoma desantisi* Annecke & Mynhardt parasitic on the potato tuber moth in Suez Canal area. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Suez Canal University.

Mandour, N.S. (2004). Effect of different kairomonal resources on the performance of *Eretmocerus* sp. and *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae) Parasitizing *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Ph.D Thesis, South China Agricultural University.

Mandour, N. S., Ren, S. X. and Qiu, B. L. 2007. Effect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) honeydew and its carbohydrates on searching time and parasitization of *Encarsia bimaculata*. Journal of Applied Entomology, 131 (9-10): 645-651.

Mandour N.S., Mahmoud, F.M., Osman, M.A. and Qiu, B.L. (2008). Efficiency, intrinsic competition and interspecific host discrimination of *Copidosoma desantisi* and *Trichogramma evanescens*, two parasitoids of *Phthorimaea operculella.* Biocontrol Science and Technology, 18 (9): 903-912.

Michael. R. S., and John. J. O. (1996). Host specificity of insect parasitoids and predators: Many factors influence the host ranges of insect natural enemies. Bioscience, vol. 46 (6): 422-429

Nordlund, D. A. and Lewis, W. J. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. 3. Chem. Ecol. 1976, Vol. 2, No. 2., pp. 211-220.

Nordlund, D. A., R. L. Jones and W. J. Lewis (1981). Semiochemicals: Their Role in Pest Control. John Wiley and Sons, New York, 306 pp.

Nordlund, D. A., Strand, M. R. and Lewis, W. J. (1987). Role of kairomones from host accessory gland secretion in host recognition by *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum*, with partial characterization. Entomol. Exp. Appl., 44: 37-43

Norris, R., Caswell-Chen, E and Kogan, M (2003). Concepts in Integrated Pest Management. Upper Saddle River, New Jersey.

Paré, P. and Tumlinson, J.H. (1999). Plant volatiles as a defense against insect herbivores. Plant Physiology, 121: 325-332.

Pitman GB, and Vité J.P. (1971) Predator-prey response to western pine beetle attractants. J Econ Entomol 64:402–404.

Poinar, G. O. and Gerard, M.MT (1978). Diagnostic manual for the identification of insect pathogens, Plenum Press, New York and London.

Pyke, B., Brice, M., Sabine, B. And Zalucki, M.P. (1987). The push-pull strategy behavioural control of *Heliothis*. Australian Cotton Growers, 7-9.

Rice, R.E. (1969). Response of some predators and parasites of Ips confuses (LeConte) (Coleoptera: Scolytidae) to olfactory attractants. Contrib. Boyce Thompson Inst., 24: 189-194.

Salt, G. (1932). Superparasitism by *Collyria calcitrator* Grav. Bulletin of Entomological Research, 23, 211–6.

Salt, G. (1934). Experimental studies in insect parasitism, II. Superparasitism. Proceedings of the Royal Society of London B, 114, 455–76.

Salt, G. (1936). Experimental studies in insect parasitism. IV. The effect of superparasitism on populations of *Trichogramma evanescens*. Journal of Experimental Biology, 13, 363–75.

Salt, G. (1940). Experimental studies in insect parasitism. VII. The effects of different hosts on the parasite *Trichogramma evanescens* Westw. (Hym.-Chalcidoidea). Proceedings of the Royal Entomological Society of London A, 15, 81–124.

Salt, G. (1941). The effects of hosts upon their insect parasites. Biological Reviews, 16, 239–64.

Salt, G. (1958). Parasite behaviour and the control of insect pests. Endeavour, 17, 145–8.

Salt, G. (1961). Competition among insect parasitoids. Mechanisms in biological competition. Symposium of the Society for Experimental Biology, 15, 96–119.

Salt, G. (1968). The resistance of insect parasitoids to the defence reactions of their hosts. Biological Reviews, 43, 200–32.

Salt, G. (1970). The Cellular Defence Reactions of Insects. Cambridge University Press, Cambridge.

Sarhan, A. A. (1981). A study of the natural enemies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Weid) (Lepidoptera: Tephritidae). Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Sarhan, A. A., Shoukry, A. A. and Mandour, N. S. (1997). Embryonic and postembryonic development of the polyembryonic parasitoid *Copidosoma desantisi* Annecke & Mynhardt (Hymenoptera: Encyrtidae). Proceeding of 7 th Nat. Conf. of Pests & Diseases of Veg. & Fruits, Ismailia, Egypt, 2: 608-623.

Sarhan, A. A., Shoukry, A. A., Caltagirone, L. E., Draz, K. A. and Ahmed S. A. (1997). Searching behavior reproductive system, reproductive capacity and longevity, distribution of progeny and interspecific discrimination of

Phanerotoma ocularis (Kohl) (Hymenoptera: Braconidae).Proceeding of the 7th Nat. Conf. of Pests & Diseases of Vegetables & Fruits in Egypt, 2:551-585.

Schmidt, K. (1974). Die Mechanorezeptoren im Pedicellus der Eintagsfliege (Insecta, Ephemeroptera). Z Morphol Tiere 78:193–220

Shalaby, F.F. (1974). Studies on insects associated with weeds. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Simmonds, F. J. (1954). Host finding and selection by *Splangia drosophilae* Ashm. Bull. Entomol. Res. 45: 527-537.

Strand, M. R. and Obrycki, J. J. (1996). Host specificity of insect parasitoids and predators. Bioscience, 46: 422-429.

Sullivan, D. and Vokl, W. (1999). Hyperparasitism: Multitrophic ecology and behaviour. Annual Review of Entomology, 44: 291-315.

Van Driesche, R. G. and T. S. Bellows, Jr. (2000). Biological Control. Chapman and Hall, New York.

Van Dtiesche, R.G. and Hoddle, M.S. (2000). Classical arthropod biological control: Measuring step by step. *In* Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers. pp 39-75.

Van Handel, E. (1972). The detection of nectar in mosquitoes. Mosquito News, 32, 458.

Van Lenteren, J. C. (1995). Integrated pest management in protected crops, in integrated pest management, Dent, D. (ed.), Chapman and Hall, London, pp 311-343.

Van Lenteren, J. C. (1999). Fundamental knowledge about insect reproduction is essential to develop sustainable pest management. Invertebrate Reproduction and Development, 36: 1-15.

Van Lenteren, J. C. (2000). Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. *In* Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers.

van Lenteren, J. C. and Martin. N. A. (1999). Biological control of whiteflies. pp 202-214. *In* R. Albajes, L. Gullino, J. C. van Lenteren and Y. Elad, [eds.], Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops. Kluwer Academic Publishers

Van Lenteren, J. C., Roskam, M. and Timmer, R. (1997). Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. Biological Control, 10: 143-149.

Vet, L. E. M. and Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Ann. Rev. Entomol., 37:141-172.

Vinson, S. B., and Guillot, F. S. (1972). Host marking: Source of a substance that results in host discrimination in insect parasitoids. *Entomophaga* 17, 241-245.

Vinson, B. (1975). Biochemical coevolution between parasitoids and their hosts. pp 14-48. In P. Price (ed.), Evolutionary Strategies of Parasitic Insects and Mites. Plenum Press, New York.

Vinson, S. B. (1981). Host habitat location. pp 51-77. *In* D. A. Nordlund, R. L. Jones and W. J. Lewis 1981 [eds.], Semiochemicals: Their Role in Pest Control. John Wiley and Sons, New York

Vinson, S.B. (1998). The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. Biological Control, 11: 79-96.

Warner, W. V. (1903). Notes on the habits of *Scelio. Proc. Entomol. Soc. Wash.* 5, 308-309.

Wesloh, R. M. (1971). Sense organs of the hyperparasite *Chelioneurus noxius* (Hymenoptera: Encyrtidae) important in host selection processes. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65:41-46.

Weseloh, R.M. (1981). Relationship between colored sticky panel catches and reproductive behavior of forest tachinid parasitoids. Environmental Entomology, 10, 131–5.

Weseloh, R. M. (1981). Host location by parasitoids. p. 79-95. *In* Semiochemicals Their Role in Pest Control (D. A. Nordlund, R. L. Jones and W. Joe Lewis, Eds.), John Wiley & Sons, New York. 306 pp.

Whittaker, R.H. (1970). The biochemical ecology of higher plants, pp. 43-70, in Sondheimer, E. and Simeone, J.B. (eds.), Chemical Ecology. Academic Press, New York.

Whittaker, R. H. and Feeny, P.P. (1971). Allelochemics: Chemical interactions between species. Science 171: 757-770.

Williamnson, D. L. (1971). Olfactory discremnet of prey by *Medetera bistriata* (Diptera: Dolichpodidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 586-588.

Wood, D.L, Browne, L.E., Bedard, W.D., Tilden, P.E, Silverstein, R.M, Rodin, JO (1968). Response of *Ips confusus* to synthetic sex pheromones in nature. Science 159:1373–1374

Younes, A.A. (2003). Aspects of courtship and mating behaviour of the praying mantid, *Sphodromantis viridis* (Mantodea, Mantidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 13: 61-64.

مراجع باللغة العربية

١- تقرير عن المشروع المصرى الفرنسى للمكافحة البيولوجية لورد النيل، د/ يحيى فيــاض، د/ فوزى شلبى.

٢- مذكرة أساسيات المكافحة البيولوجية - الفرقة الرابعة- قسم الحشرات الإقتصادية والمبيدات - جامعة القاهرة، د/ محمد فؤاد توفيق، د/ كمال توفيق عوض الله.

٣- مذكرة المكافحة البيولوجية - الفرقة الرابعة- قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة قناة السويس، د/ عوض أحمد سرحان، د/ ناصر سعيد مندور.

٤- أساسيات علوم الحشرات. د محمد أحمد عيد، د/ كمال توفيق عوض الله، د/ منيــر محمــد الحسينى.

٥- الجاذبات الجنسية "الفورمونات" فى الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية (التجربة المصرية بين النجاح والفشل) د. زيدان هندى عبد الحميد.

٦- تطبيقات المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية. د. محمد سعيد الزميتى.

٧- الإتجاهات الحديثة فى المبيدات ومكافحة الحشرات (الجزء الثانى) (التواجد البيئى والــتحكم المتكامل) د. زيدان هندى عبد الحميد، د. محمد إبراهيم عبد المجيد.